

推动中国开源软硬件发展的经验与建议

郭滕达, 张明喜

中国科学技术发展战略研究院, 北京 100038

摘要 加强开源领域的部署、投资与引导, 围绕源代码或硬件设计信息构建相适应的治理体系, 对于培育数字经济发展新动能至关重要。分析了开源发展的基本逻辑, 从研发支持、需求侧政策供给、开源生态建设等方面阐述了促进开源发展的国际经验。以比较视角分析了美国开源发展现状, 认为美国在开源领域具有相对较高的话语权, 中国应坚持“融入全球+自主开源”双轮驱动, 理清基于国外开源平台而受到制约的边界, 探索开源发展战略路径, 加大协同研究支持力度, 开展开源部署试点并确立安全评估框架, 补齐开源生态建设短板。

关键词 治理; 开源软件; 开源硬件

以人工智能、物联网、大数据、区块链等为代表的新一轮技术革命为中国数字经济带来历史机遇。2022年, 中国数字经济规模达到50.2万亿元, 占GDP比重达41.5%, 名义增长10.3%, 成为稳定经济增长的关键动力。人工智能、区块链等信息技术均得益于开源而逐渐发展起来。在大国博弈不断升级的背景下, 加强对开源领域的部署、投资与引导, 完善开源治理体系, 对于培育数字经济发展动能至关重要。

1 开源发展的基本逻辑

开源通常指公开源代码或硬件设计信息, 是开放、共享、共赢的大规模协作生产方式之一。

1.1 开源的源起

开源软件可以追溯到UNIX操作系统的创建。UNIX操作系统由美国电话电报公司贝尔实验室的一个研究小组在1969年至1970年之间开发^[1-2]。20世纪70年代, 贝尔实验室和学术界(主要是加州大学伯克利分校)的不同团队对该操作系统进行改写, 并不断适应新的硬件变化, 专家之间共享的独特环境为开源的发展奠定了基础^[3-4]。1998年, 网景公司决定向公众开放其网络浏览器的源代码, 开源一词逐渐被接受并广泛使用^[5]。人们越来越认识到, 开源使得一些企业、个人不仅能获取计算机软件的底层源代码, 且可以修改并重新发布^[6]。越来越多的用户反过来也推动了开源软件和标准的不断创新与完善。

收稿日期: 2022-02-15; 修回日期: 2022-11-06

基金项目: 国家高端智库课题(ZXZK202307); 科技部创新战略研究专项(ZLY201818)

作者简介: 郭滕达, 副研究员, 研究方向为区块链技术发展与政策、科技创新治理, 电子信箱: guotd@casted.org.cn

引用格式: 郭滕达, 张明喜. 推动中国开源软硬件发展的经验与建议[J]. 科技导报, 2024, 42(2): 14-19; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2024.02.002

开源硬件是在借鉴开源软件经验基础上发展起来的,其设计理念与开源软件类似^[7]。开源硬件主要提供物理硬件的源代码,包括材料清单、原理图、计算机辅助设计以及详细说明等^[8]。当前,开源硬件已逐渐成为开源文化中的重要组成部分,比较代表性的项目是 Facebook 的 Open Compute,承诺开源 Facebook 的数据中心设计,使每个企业都能够像 Facebook 一样运作^[9]。

1.2 开源发展的基本范式

1.2.1 开源技术研发遵循李纳斯定律

李纳斯定律(Linus' Law)表明,只要吸引足够的用户关注,就可让软件的所有缺陷浮现^[10]。开源技术的研发遵循李纳斯定律,即越来越多的人参与研发项目时,发现源代码或硬件信息错误的概率越大,从而使得设计结果更加稳定可靠。开源允许参与者自由修改源代码和硬件信息,并对问题作出快速响应,进而降低开发成本^[11]、提升安全可验证性^[12-13],这是驱动开源发展的重要因素。

1.2.2 开源技术扩散符合罗杰斯创新扩散理论

罗杰斯(Rogers)创新扩散理论^[14]表明,当一项创新的接受曲线涵盖了早期采用者和多数人群时,它便达到了被应用的临界点,也意味着落后者可能会错失创新带来的机遇。开源技术的扩散符合 Rogers 创新扩散理论,早期的采用者和多数人群为技术扩散夯实了基础,一旦突破临界值,便进入快速扩散阶段。开源托管平台 GitHub 的年度开发者报告显示:2023 年是 GitHub 平台首次开源贡献者数量最多的一年,开源生成式人工智能项目成为最受欢迎的项目之一,预计开源开发人员将在 GitHub 上推动人工智能创新^[15]。在互联网和软件基础设施领域的代码库中,开源数量占比最高,如表 1^[16]所示。实践表明,开源社区、开源项目的商业属性已经越来越强,开源软件早已经突破被采用的临界值,而开源硬件的发展虽然遇到选型问题等更多阻碍,但开源硬件项目数量仍在增长、专业协会亦日益成熟。

1.3 开源是提升企业和国家竞争力的重要手段

无论是开源软件还是开源硬件,都是融入全球价值创造的关键要素。在创新发展过程中实施开

表 1 按行业划分的代码库种开源数量占比

行业类别	行业开源代码占该行业代码库代码总额的比例
互联网&软件基础设施	83%
物联网	82%
教育科技	79%
营销	78%
网络安全	78%
金融服务&金融科技	75%
能源&清洁技术	72%
虚拟现实、游戏、娱乐、媒体	70%
航天、航空、汽车、物流、运输	69%
企业软件/SaaS	68%
计算机硬件&半导体	68%
互联网和移动应用	68%
医疗保健、医疗技术、生命科学	65%
大数据、人工智能、商业智能、机器学习	64%
零售与电子商务	63%
制造业、工业、机器人技术	50%
电信&无线通信	46%

数据来源:Synopsys。

源战略,促进从基础研究到商业化整个过程的横向、纵向技术转移,以获得更多的竞争优势,是提升国家竞争力的重要途径。

一方面,先开源并迅速汇聚资源,逐渐形成“你中有我,我中有你”彼此嵌入型的生态链,是国际领先企业通过开源技术尤其是开源软件占领市场的主要手段。例如云计算领域的 Kubernetes、OpenStack,移动互联网领域的 Android,人工智能领域的 Tensorflow 等。后发企业要想超越、较为困难。另一方面,开源对产业发展有重要推动作用。哈佛商学院 Wright^[17]等衡量了 GitHub 开源平台的参与度如何影响相关产业发展,研究发现:居住在一个特定国家的人提供的 GitHub 承诺(代码贡献)每增加 1%,在该国创建的技术企业数量就会增加 0.1%~0.5%,新的融资交易数量增加 0.6%,融资价值增加 0.97%,技术收购数量增加 0.3%,全球性的企业数量增加 0.1%~0.5%。对于开源硬件而言,未来“大规模协作科学”可以受益于低成本的硬件,进而促进一国产业发展。

2 促进开源发展的主要国际经验

在开放精神的引领下,围绕源代码或硬件设计信息构建相适应的治理体系,成为促进开源发展的核心。

2.1 公共研发支持带动了技术及上下游相关产业发展

政府对开源技术创新的支持可以产生溢出效应,带动上下游产业发展。例如,UNIX 系列操作系统、TCP/IP 协议等均源于由政府公共研发资金支持的研究原型。面向 Linux 的 Beowulf 集群软件最初由美国航空航天局(NASA)开发,它降低了商业化操作系统的准入门槛,从而使很多硬件供应商受益^[18]。美国联邦政府对国家超级计算中心(NSCC)投入了大量资金,不仅带来了计算机硬件的进步,而且促进了 Apache 开源网页服务器(Apache HTTP Server)的发展。布鲁金斯学会的研究报告

显示,Apache 自身的回报率至少为 17%,而建立在 Apache 基础之上的技术、商业和生态的回报率更多,远远高于美国联邦政府通常使用的 7% 基准预期回报率^[19]。

2.2 需求侧政策促进了技术快速扩散

需求侧政策的“刺激”对于开源技术快速扩散非常重要。Nagle^[20]研究了法国技术采购政策变更的影响,新的政策要求政府机构倾向于使用开源软件而非专有软件,研究发现,这一政策变化导致法国每年增加近 60 万份开源软件捐献,创造了极大的社会价值。美国联邦政府对开源技术采购也提供了政策支持。2016 年,美国管理与预算办公室(OMB)提出开源代码政策(备忘录 M-16-21),致力于通过可重复使用的开源软件提高效率、透明度和创新能力,并设计了试点计划。

美国主要联邦政府对发展开源软件的态度如表 2 所示。

表 2 美国联邦政府主要开源软件政策

部门	颁布日期	名称	主要内容
管理与预算办公室(OMB)	2016	联邦源代码政策(备忘录 M-16-21)	提出通过可重复使用的开源软件提高效率、透明度和创新能力;建立了一个试点计划,要求机构在 3 年内将至少 20% 新定制开发的代码作为开源代码发布 ^[21]
商务部(DOC)	2016	源代码政策	落实 OMB 备忘录 M-16-21 的要求,通过公开一定比例的源代码来促进软件的重用 ^[22]
能源部(DOE)	2018	源代码政策	提出建立软件服务平台和搜索工具 DOE CODE,向 DOE 提供科学和商业软件 ^[23]
国防部(DOD)	2009	备忘录	描述开源代码的好处,制定开源软件指南 ^[24] 。备忘录指出,DOD 必须比以往任何时候都更快地提升其利用软件的能力,开源软件的使用可以提供优势。需注意:根据美国政府问责办公室(GAO)2019 年的报告,DOD 近期没有发布开源政策,仅部分落实了一些要求 ^[25] 。DOD 首席信息官 Dana Deasy 指出,DOD 的大多数定制软件都是为 F-35 和 F-22 等武器系统创建的,因此,出于国家安全原因,发布此类源代码很敏感 ^[26]

资料来源:据美国联邦政府官方网站等资料整理。

在开源硬件方面,美国国立卫生研究院(NIH)建立了 3D 打印交换数据库,创立了医学可应用的开源 3D 打印模型,在 COVID-19 大流行期间提供开源的 3D 模型设计,该开源硬件已得到美国联邦政府的采购支持,在国家层面开始使用。

2.3 多要素、多主体协同创新支撑了开源生态建设

政府在幕后搭台设计,引导企业、高校和科研机构、非营利组织、风险投资、媒体平台等相互协同,是构建开源生态的关键。例如,美国国防高级

研究计划局(DARPA)与Linux基金会展开广泛合作,推出OPS-5G计划,致力于安全的5G网络软件 and 应用程序开发;OPS-5G计划旨在通过创建一种架构来解耦硬件和软件生态系统,以提高5G的安全性。DARPA与Linux基金会的结盟,其意图是在生态系统中促进企业、高校和科研机构等各利益相关方利用、共享资源,加速安全的开源创新,增强美国在突破性技术上的竞争力。美国的开源发展全球领先,在美国的开源生态尤其是开源软件生态中,多种要素、多方主体协同创新,共同引领开源发展。笔者通过与部分企业交流研讨,得出了美国开源软件生态构成的关键要素,如图1所示。

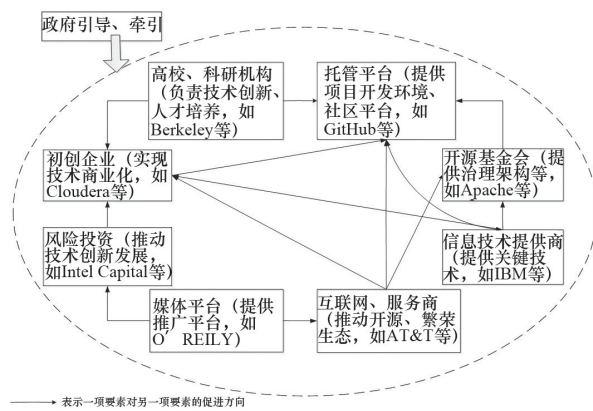


图1 美国开源软件生态构成的关键要素

3 美国开源发展现状分析

3.1 美国主导全球开源发展

从全球范围来看,美国在开源领域具有相对较高的话语权。就开源软件而言,国际著名的开源基金会如Linux基金会、Apache基金会、RISC-V基金会虽然代码开源、流程开放,但惯常做法是企业通过代码贡献度来决定其话语权,美国企业在此方面占据绝对优势;微软收购的GitHub已经成为全球开源社区基础设施的事实标准;谷歌主导建立的Andriod、Chromium、TensorFlow等框架,通过开源形成了全球技术垄断。与此同时,开源硬件与开源软件的交互作用越来越明显。2018年,DARPA宣布了其电子复苏计划(ERI)的第一批资助项目,包括

为开源硬件POSH(Posh Open Source Hardware)计划提供资金,该计划旨在将开源软件的文化带入硬件设计领域,创建一个基于Linux的平台和生态系统,用于设计和验证开源IP硬件模块^[27]。

中国工业和信息化部于2019年主导推出了中国首个开源协议“木兰宽松许可证”(MulanPSL);于2020年依托“码云Gitee”建设中国独立的开源托管平台,推出了基于Git的代码托管服务。工业和信息化部还主导建立了服务全球区块链发展的DAppLedger开源社区等。但总体而言,中国在参与开源的高校和科研院所、风险投资、初创企业、媒体平台、开源基金会等领域仍存在要素缺失。可以认为,中国仍处于开源初级发展阶段。

3.2 美国对中国开源领域进行限制的可能范围

近年来,美国多个政府机构和核心智库提出要对中国进行关键技术出口管制。例如,2021年美国国会提出要研究中国获得美国开源技术和基础研究所能带来的收益,以及是否应加强出口管制^[28]。需要认识到,尽管一些代码托管平台如GitHub等默认同意遵守美国的出口管制条例和美国法律,但不是所有开源领域都会受到美国遏制。例如,由DARPA主导的RISC-V开源项目是一个指令集规范,指令集规范开源、开放和免费,但基于RISC-V开发的处理器却是商品,如果美国以外的企业自主研发RISC-V处理器,则一般不会违反美国出口管制条例。因此,亟需理清基于国外开源平台研发的产品而受到制约的边界,做好极端情况发生的准备,未雨绸缪、有的放矢。

4 建议

坚持“融入全球+自主开源”双轮驱动,将开源硬件与开源软件发展放在同等重要程度,“两手抓、两手都要硬”,把发展开源作为促进数字经济发展的政策切口。

4.1 探索开源发展战略路径

一方面,对源代码和建构在此基础上的软件/硬件适用的出口管制规则、法律规范进行跟踪研判,评估风险,注重引导、支持、保护,提高中国在开

源领域的国际竞争力;另一方面,鼓励企业、高校和科研院所在遵守国际开源规则的基础之上,从国际开源底层平台切入开展协同研究,打造更多适用的应用场景,逐渐打破技术垄断,让更多的开发者、合作方可以基于开源平台和组件迅速完成国产化实践,与此同时,大力发展自己的根技术和根社区。

4.2 加大对协同研究支持力度

政府部门可提供资金和政策支持,引导企业、学术界协同开展开源软、硬件的交互研究。利用好发展开源硬件可带来的科学共享、降低成本等优势,资助由企业、高校和科研院所建立联合工作组,识别创造开源硬件高投资回报率并实现国家战略目标的最佳机会,研究创建经验证的开源硬件列表目录,并公开发布。

4.3 开展开源部署试点并确立安全评估框架

政府部门牵头联合实施开源部署试点计划。对试点计划进行开源软件、硬件及其交互方案的安全、可靠性检测,制定基本风险识别框架;通过发布白皮书等形式,利用情景分析等方法确立在主流许可下将政府资助的软件、硬件开源发布的风险及路线图。同时,利用政府采购、税收优惠等手段促进开源推广应用。

4.4 补齐开源生态短板

推动开源基金会、开源行业协会等发展,鼓励中国开源基金会建立知识产权联盟。引导、发挥媒体平台在开源宣传推广中的重要作用。在高校、科研机构中培养开源教育和研究文化。

参考文献(References)

- [1] Moody G. Rebel code: Linux and the open source revolution[M]. New York: Basic Books, 2002.
- [2] Naughton J. A brief history of the future: Origins of the internet[M]. London: Weidenfeld & Nicholson, 1999.
- [3] Pearson H E. Open source: The death of proprietary systems[J]. Computer Law & Security Review, 2000, 16(3): 151-156.
- [4] Guadamuz A. Technology transfer: Open licensing and developing countries[M]. Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing, 2010.
- [5] Open Source Initiative. History of the OSI[EB/OL]. (2018-10-01)[2020-05-06]. <http://www.opensource.org/docs/History.php>.
- [6] Feller J, Fitzgerald B. A framework analysis of the open source software development paradigm[C]//Proceedings of the Twenty First International Conference on Information Systems (ICIS 2000). Atlanta, USA: Association for Information Systems, 2000: 58-69.
- [7] Powell A. Democratizing production through open source knowledge: From open software to open hardware[J]. Media, Culture & Society, 2012, 34(6): 691-708.
- [8] OSHWA. Open source hardware (OSHW) statement of principles 1.0[EB/OL]. (2016-01-01)[2021-12-20]. <https://www.oshwa.org/definition>.
- [9] Asay M. Open source hardware: The problems and promise[EB/OL]. (2019-10-10) [2021-04-23]. <https://www.techrepublic.com/article/open-source-hardware-the-problems-and-promise>.
- [10] Raymond E S. The cathedral and the bazaar: Musings on linux and open source by an accidental revolutionary [M]. Sebastopol: O'Reilly Media, 2001.
- [11] Pearce J M. Open-source lab: How to build your own hardware and reduce research costs[M]. Amsterdam: Elsevier, 2014.
- [12] CNN. NSA key to windows: An open question[EB/OL]. (1999-09-04)[2021-03-28]. <http://www.cnn.com/TECH/computing/9909/03/windows.nsa.02>.
- [13] Cisco Security Advisory. A default username and password in WLSE and HSE devices[EB/OL]. (2011-12-10) [2021-04-30]. <http://www.cisco.com/warp/public/707/cisco-sa-20040407-username.shtml>.
- [14] Rogers E M. Diffusion of innovations(5th ed)[M]. New York: Free Press, 2003.
- [15] GitHub. The state of the octoverse 2023[EB/OL]. (2023-11-8) [2023-12-01]. <https://github.blog/2023-11-08-the-state-of-open-source-and-ai>.
- [16] Synopsys. Open source security and risk analysis report [R]. San Francisco: Synopsys, 2020.
- [17] Wright N L, Nagle F, Greenstein S. Open source software and global entrepreneurship[R]. Boston: Harvard Business School, 2020.
- [18] Merkey P. Beowulf History[EB/OL]. [2021-06-07]. <https://beowulf.org/overview/history.html>.
- [19] Nagle F. Why congress should invest in open-source software[R]. Washington D. C.: Brookings, 2021.
- [20] Nagle F. Government technology policy, social value, and national competitiveness[R]. Boston: Harvard Business School, 2021.

- ness School, 2019.
- [21] Executive Office of the President Office of Management and Budget. Memorandum for the heads of departments and agencies[EB/OL]. (2016-08-08)[2021-4-18]. https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/omb/memoranda/2016/m_16_21.pdf.
- [22] United States Department of Commerce. Source code policy[EB/OL]. (2016-01-01) [2021-10-13]. https://www.commerce.gov/sites/default/files/media/files/2016/open_source_code_policy_final1.0_-_signed.pdf.
- [23] United States Department of Energy. DOE federal source code policy. (2018-02-01) [2021-03-06]. <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2018/02/f48/DOE-CODE-Software-Policy-20180130.pdf>.
- [24] United States Department of Defense. Clarifying guidance regarding open source software (OSS). (2009-10-16) [2021-01-04]. <http://dodcio.defense.gov/Portals/0/Documents/OSSFAQ/2009OSS.pdf>.
- [25] United States Government Accountability Office. Information technology: DOD needs to fully implement program for piloting open source software[EB/OL]. (2019-09-01) [2021-02-04]. <https://www.gao.gov/assets/710/701285.pdf>.
- [26] Williams L C. The defense department released a long-awaited update of policies governing its buying practices, with an eye to rapid technology acquisition[EB/OL]. (2020-09-09)[2021-03-02]. <https://defensesystems.com/articles/2020/09/09/williams-dod-5000-update-acquisition.aspx>.
- [27] Brown E. DARPA drops \$35 million on "Posh Open Source Hardware" project[EB/OL]. (2018-07-26)[2021-09-07]. <https://www.linux.com/topic/embedded-iot/darpa-drops-35-million-posh-open-source-hardware-project>.
- [28] Congress Research Service. China's 14th five-Year plan: A first look[EB/OL]. (2021-01-05) [2021-03-25]. <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/IF/IF11684>.

Experience analysis and suggestions on promoting the development of open source software and hardware

GUO Tengda, ZHANG Mingxi

Chinese Academy of Science and Technology for Development, Beijing 100038, China

Abstract Under the guidance of the spirit of openness, it is of great importance to strengthen the deployment, investment and guidance in the field of open source, and to build an appropriate governance system based on the source code or hardware design information for the development of digital economy. This paper analyzes the basic logic of the development of open source, and expounds the international experiences in promoting the development of open source from the aspects of research and development support, demand-side policies supply, and ecological construction. On this basis, this paper studies the current situation of open source development in the United States from a comparative perspective, and holds that the United States has a relatively high voice in the field of open sources. It is claimed that, we should insist on the "integration into the world, independent open source", clarify the restriction boundaries based on foreign open source platforms, explore open source development strategies, increase research support for collaboration, carry out open source deployment pilots and establish a security assessment framework, and complement the shortcomings of open source ecological construction.

Keywords governance; open source software; open source hardware ●



(责任编辑 王丽娜)