

以色列量子科技发展与经验做法

胡开元¹, 彭斯震²

(1. 中国民用航空局中南地区管理局, 广州 510405;

2. 中国 21 世纪议程管理中心, 北京 100038)

摘要: 近年来, 以色列在量子科技领域制定实施国家量子倡议、推行“5+2”科技优先发展计划、组建行业协会, 重点与美国、欧洲、日本和韩国开展合作, 抢占量子科技发展先机, 呈现出国家高度重视、跨部门合作、联合研发、技术路线多轨并进及资金支持多元化等特点, 其军民融合、协同研发、基础夯实和国际合作等经验实践值得借鉴。

关键词: 以色列; 量子; 发展; 创新

中图分类号: G323/327; O413 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2024.03.003

量子科技或将释放出远高于传统方法的巨大算力, 在根本上颠覆未来的计算、加密和解密等基础科技, 推动相关科技领域的相应发展, 具有极高的军民两用价值, 在全球各国之间形成巨大的科技代际差异乃至重塑世界格局。世界主要国家目前已普遍对量子科技予以高度重视, 目前中国、美国、欧盟、加拿大、以色列等国家或地区已开展顶层布局并斥巨资推动研发, 30 余个量子计算机原型设备已经面世, 其中包括以色列魏兹曼科学院建造的电磁离子阱量子计算原型机^[1]。以色列当前在前沿量子科技部分领域已经具有一定的科技研发与产业创新优势, 其发展政策、经验做法和最新进展对中国具有一定借鉴意义。

1 以色列量子科技发展情况

1.1 从国家层面及时厘清发展思路

2017 年, 以色列政府在对量子科技发展引起足够重视后, 组织了第一支以科研学界为主导、由以色列理工学院主席乌里·希万教授牵头的量子事务专家调研组, 从科学角度研究量子科技本质与影响, 并于 2018 年组织第二支以政府部门为主导、

由时任经济产业部首席科学家奥尔娜·贝里牵头的专家调研组, 从政府科技创新管理部门角度开展产业支持^[2]。两支专家组强调了量子科技在国防建设和经济发展中的重要性, 指明了以色列发展量子产业时存在的困难与不足, 并敦促政府加快发展步伐和加大推动力度。

1.2 制定实施国家量子科技倡议

2018 年, 以色列发起国家量子倡议 (INQI), 同时以色列国防部和以色列科学基金会 (ISF) 设立预算为 1 亿美元的多年期量子科技专项研究基金^[3]。此后, 以色列依托国家量子倡议规划产业发展框架, 并计划在 6 年期内将预算投入扩增至 12.5 亿谢克尔, 主要用于研发资助、人才建设、项目支持和国际合作, 由以色列高教委计划与预算委员会会同国防部及学术机构联合筹拨, 聚焦于量子计算、量子加密和量子通信等方面研究。作为国家量子科技倡议一部分, 2022 年以色列国防部国防研究与发展局 (MAFAT/DDR&D) 和创新署分别代表军用领域和民用领域, 共同注资总额 2 亿谢克尔用于建设以色列国家量子计算研究中心和研发国家量子计算机, 预计投用后在所采用的至少一条技术

第一作者简介: 胡开元 (1985—), 男, 硕士, 主要研究方向为科技外交、科技政策、智能交通与航空科技。

收稿日期: 2023-12-17

路径内可达到 50 量子比特算力^[4-5]。

1.3 制订实施国家优先发展科技与未来产业方向计划

2021 年, 以色列国家民用研发委员会 (MOLMOP) 成立了国家优先发展科技领域专家组并责成其开展优先发展科技领域调研。2022 年, 以色列政府基于此调研意见将量子科技纳入国家未来五年“5+2”科技优先发展计划, 责成科技部提供研发资助基金予以专项保障^[6]。2023 年, 以色列创新署又提出“未来产业三方向”, 其中的一体化光子学与量子计算紧密相连^[7]。

1.4 组建行业协会, 发挥市场引导与纽带互联作用

自国家量子倡议实施以来, 以色列主要通过先后成立的量子科技、量子传感器和一体化光子学等科技联盟打通学术、产业、军工和风险投资各界, 群策群力推动科技研发和项目攻坚^[8]。参与联盟的机构有以色列航空宇航工业公司 (IAI)、拉斐尔先进防御系统公司 (Rafael)、埃尔比特系统公司 (Elbit)、埃尔塔系统公司 (Elta)、埃尔比特系统电子光学公司 (ELOP) 等军工企业, Qedma 公司、量子机器公司 (Quantum Machines)、Classiq 公司、LightSolver 公司、Cielo 公司、量子之源公司 (Quantum Source)、新型光子学公司 (New Photonics)、量子艺术公司 (Quantum Art) 等民间企业和 6 所关键科研院校。

1.5 吸引国际巨头科技企业在以色列建设布局

以色列积极推出各项政策利好, 吸引国际巨头科技企业在以色列建设办事处或研发机构、并购本土企业、雇佣科技人才。如英特尔、亚马逊、谷歌、英伟达、美满、华为、博通和思科均在以色列开展了量子科技布局^[9-13], 主要方式为通过在以色列的分公司建设研发中心或依托所收购的以色列当地企业建设研发中心, 如英特尔、亚马逊、英伟达等此前在以色列均有收购先例^[14-16]。

2 以色列量子科技发展特点

2.1 国家向量子科技产业予以战略性重视

以色列对量子科技产业从技术进展、政策实施等方面分别予以紧密关注和细致调研, 如实反映量子科技现状与应用前景, 对从事量子科技研发的军工和民营企业两条线均予以政策与财政支持,

着重与美国、欧洲、日本和韩国开展项目与技术合作。2023 年, 以色列前总理纳夫塔利·贝内特出任以色列量子科技企业量子之源公司 (Quantum Source) 高管, 反映出以色列从国家高度向量子领域予以高度重视与战略指导^[17]。

2.2 国家多部门联合制订计划推动实施

以色列量子科技发展呈现出鲜明的跨部门、跨领域合作特点。参与以色列国家量子倡议的官方部门包括以色列高教委、科技部、创新署、财政部、国防部、国家科学院 (IASH)、科学基金会 (ISF)。

2.3 政府鼓励学术科研机构开展“目标导向”联合研发

以色列鼓励和组织全国主要科研院校参与量子科技研发, 包括魏兹曼科学院、以色列理工学院、内盖夫本古里安大学、阿里埃尔大学、巴尔伊兰大学、耶路撒冷希伯来大学等 6 所关键科研院校, 其中前 3 所科研院校承担了主要研发工作。在项目整体推进下, 魏兹曼科学院在 2022 年 3 月研发出以色列第一台 5 量子比特级电磁离子阱量子计算原型机。目前以色列各科研机构正在国家的统筹和相应科技联盟的协调之下继续推进联合研发。

2.4 多条技术路线同步展开

考虑到作为新兴前沿的量子科技其应用研发存在高度不确定性, 以色列同步推进多条量子科技路径, 并且随之动态演进而不断调整量子科技总体发展策略。在 2022 年军民共同推进的量子计算项目中, 以色列创新署牵头建设的以色列国家量子计算研究中心同时聚焦超导量子比特、冷原子和光子计算机 3 条平行技术路线^[15, 18]。以色列量子技术联盟则主要聚焦超导量子比特和离子阱两条平行技术路线, 重点研发量子处理器、模块化量子系统、量子相干控制器、量子噪声表征和降噪软件以及一套全自动化软件^[15]。

2.5 多元化研发资金支持运作高效

以色列善于开展科研资本运作, 高效利用国家资金引导数倍乃至数十倍体量的民间资金定向投入战略科技领域, 实现“增益”效应。以以色列国家量子倡议为例, 其中政府投入仅 1.9 亿谢克尔^[2], 其余大部分由市场和民间风险投资资本筹集, 远低于中国、欧盟和美国在同一领域公共投入规模^[5]。同时, 政府对资金的去向与效用进行严格的审计考

核,此外,针对国有军工企业项目,以色列在实施过程中有意引入竞争机制。

2.6 跨部门、跨机构、跨学科开展研发攻坚

以色列在组建技术联盟时高度重视量子人才团队的复合多元化与跨学科性,将有不同领域背景、科技背景的专家集合在一起。以色列量子科技联盟将军工体系、国家和政府科技政策制定部门、科研院校、民间科技企业乃至民间风投机构紧密联系在一起。例如,内盖夫本古里安大学将具有计算机科学、电子、光子学、材料工程、物理学、化学、纳米科技和数学等不同背景的研究人员纳入同一团队^[19]。

3 以色列量子科技主要进展与国际合作情况

以色列量子科技初创企业研发活跃,已进入世界量子科技先进国家行列。量子机器公司(Quantum Machines)聚焦于建设量子计算机,曾在2018年研发出确保软件与硬件相互适配的通用型量子编序平台(QOP)和量子计算机标准通用编程语言QUA,是目前以色列国家量子倡议的主要推进“抓手”单位,承接了以色列国家量子计算中心和国家量子计算机项目的主体部分^[3,20-21],与美国量子时代公司(QuEra)的量子控制器-中性原子量子计算平台整合项目得到美国、以色列双边产业研发(BIRD)基金支持^[22];Classiq公司主要研发面向自动化的量子算法合成,与其他公司共同承接了以色列国家量子计算中心和国家量子计算机项目中的剩余部分^[21,23];QuantLR公司研制出了光子数据加密系统,目前与亚马逊、微软、西班牙电信、思科、诺基亚、埃里克森和华为等5G通信企业开展合作^[21];LightSolver公司研发出了耦合激光阵列计算技术^[24-25];量子离子公司(IonQ)研制出了离子阱32位量子比特计算机系统阿利亚(Aria)^[26];Tabor电子公司研发出了适用于量子计算的专用任意波形收发器^[27]。内盖夫本古里安大学通过原子芯片技术研发出了基于电磁学的量子引力干涉仪,并正在推进先进小型镱原子光钟、惯导系统原子加速传感器和原子电磁计等项目^[19,28]。内盖夫本古里安大学旗下AccuBeat公司研制出了高精度铷原子时钟,在量子、通信、航天、导航、雷达和电力传输相位同步等要求高精度时间同步的领

域发挥重要作用,是以色列“铁穹”系统的技术支持方,将参与欧洲航天署木星冰月探索(JUICE)航天项目^[29-30]。

重点围绕以色列美国量子合作增进国际交流。以色列和美国从官方到民间组织一直以来持续开展量子科技合作。以色列量子科技主要源自作为量子科技世界强国与行业领导者的美国,其科技人才和公司创始人多数具有在美国院校深造的经历。2019年,内盖夫本古里安大学宣布与以色列国防部、美国空军、美国海军及国内科技界共同推进先进量子科技研发^[19]。2022年美国总统拜登访问以色列并与以色列时任看守政府总理拉皮德启动“美以技术领域高级别战略对话”机制,其中将量子科技列为机制重要内容之一^[31],标志着两国将双边量子科技合作关系上升到国家科技战略高度,美国、以色列双边产业研发基金成为两国间量子合作“抓手”之一^[32]。目前,参与两国量子合作的企业既有英特尔、亚马逊、谷歌、英伟达、美满、博通和思科等美国科技巨头,也包括研发基于冷原子(玻色-爱因斯坦凝聚态原子)量子计算系统的冷量子公司(ColdQuanta)、开发面向量子计算软件应用的超级科技公司(Super.tech)等美国新兴优势企业。

同时,以色列还与欧洲、日本和韩国开展交流合作。在以色列-德国合作方面,2022年以色列依托内盖夫本古里安大学与德国马克斯·普朗克物理研究所签署量子引力合作协议,基于一种全息原理新方法共同朝着量子力学与引力学统一理论方向推进研究。以色列魏兹曼科学院与其他德国科研机构一道参与了德国研究基金会(DFG)量子科技合作项目^[33]。在以色列-荷兰合作方面,荷兰依托其“在以创新网络”合作框架于2016年在特拉维夫建成启动了以色列-荷兰创新中心(IDIC),以推动包括量子科技在内的一系列双边前沿科技产业合作。目前,荷兰QuantWare公司正在以色列研发基于超导技术的量子处理单元(QPU);ParTec公司正在以色列研发高性能计算机和量子计算一体化整合技术^[34]。在以色列-日本合作方面,丰田集团旗下子公司丰田通商株式会社在2022年与量子机器公司签署了合作协议^[35-36]。在以色列-韩国合作方面,量子机器公司与韩国标准与科学研究所(KRISS)、韩国量子计算行业领导者联盟

(QCILA)和Orientom公司分别签署了合作谅解备忘录^[37]。此外，以色列还与欧盟在原子钟等方面开展了合作^[19]。

4 以色列量子科技军民融合发展的做法与经验

以色列高度重视量子科技的国防安全意义，在量子领域也采取了与移动通信、航空航天、网络安全和无人机等科技领域类似的“军工挺进、民用跟上、军转民用、民为军补”发展策略。自2018年起军民共同设立量子研究基金、建设量子计算中心项目^[4]，利用以色列建国以来的传统国防军工体系攻坚克难，为民用科研领域“开头阵、拓空间、树典范”，之后鼓励民用企业利用军用溢出技术进行扩展、复刻。

以色列航空宇航工业(IAI)、拉斐尔(Rafael)、埃尔比特(Elbit)“军工三巨头”公司和以色列航空宇航工业公司下属埃尔塔公司(Elta)均参与了国内量子科技研发项目^[23, 38-39]。军工体系连同政府和民间量子研发优势机构或组织共同推进了一系列项目。

以色列国防部国防研究与发展局在2019年分别与以色列高教委计划与预算委员会、创新署联合设立了合作研发基金、量子传感器技术联盟。2019年，以色列国防部国防研究与发展局与创新署成立以色列首个量子科技联盟，以色列高教委预算计划委员会予以资金支持。同年，以色列国防部与内盖夫本古里安大学共同推进量子科技研发计划。2022年，以色列国防部国防研究与发展局和创新署共同推进量子计算这一军民融合项目，分别负责牵头建设以色列国家量子计算机和以色列国家量子计算研究中心，项目投标单位包括军工企业拉斐尔公司^[18]。2022—2023年，特拉维夫大学实施基于量子加密的对地光子学卫星通信与地面观测站项目也被认为具有准军事性质^[40-41]。

以色列还开展国际量子科技军事合作。自2018年起，以色列航空宇航工业公司下属埃尔塔公司与美国-以色列大众挑战(MassChallenge)初创加速器公司合作，启动了量子传感器阵列的研发^[42]，目前正活跃于量子计算、量子通信和量子雷达3个领域，埃尔塔公司计划将量子科技整合进

自身现有航空情报、网络安全、地面及空中防御和航天科技系统。2019年，以色列国防部宣布与美国空军、美国海军推进量子科技研发，内盖夫本古里安大学参与，重点聚焦领域包括高精度原子钟、重力与电磁力传感器、导航系统、安全通信系统和量子计算机^[19]。

5 启示与建议

5.1 发挥优势着力深化军民融合

加快发展量子科技，对促进高质量发展、保障国家安全具有重要作用。量子科技具有显著前沿复杂特性、发展不确定性与准国防用途，适于通过发挥新型举国体制优势，开展跨部门、跨领域协作，集结军民领域科研力量，推动军民领域量子科技的相互交流。借鉴采用美国国防部高级研究计划局(DARPA)“桥梁”机制，帮助科技企业获得安全许可，加入国防项目。借鉴学习以色列经验，通过政府与国防订单助力量子科技企业分摊风险、平稳发展。

5.2 多元协同全面推动研发创新

加强多学科交叉融合和多技术领域集成创新，形成中国量子科技发展的体系化能力。构建商用化成熟量子系统，既要大力推动量子科技产学研用交流合作，也要充分尊重科学研究的客观规律，注重构建多背景、跨学科和复合型的科研团队，实现量子科技领域人才、基地和项目全要素一体化配置，借鉴以色列“磁石”(MAGNET，即“通用科技研发联盟”)经验搭建技术联盟，提供专项资金确保重大项目实施推进。坚持政策导向和市场导向相结合，通过塑造法治有序、市场导向的有利营商环境，鼓励更多“从下而上”地依靠市场力量培育生成量子科技有机生态体系。

5.3 自力更生扎实打牢研发基础

加快基础研究突破和关键核心技术攻关。量子科技实现完全自主化。须坚持打牢基础、积利长远，积极破除对由科技巨头企业把持的“黑盒”量子过程、算法及处理器的技术与创新路径依赖，充分运用各项科创经济金融工具，开展量子科技领域扶持资助，加强技术项目审查、评价与考核、监管，提升国有资本保值增值能力，确保资助项目“真创新”“创真新”。通过量子整体设备、算法、处理器国产化为中国学术科研和产业界提供测试验证、

模拟仿真与二次研发创新的更多机遇，增强自我修复能力。

5.4 审时度势积极拓展国际合作

加强量子科技领域国际合作，提升量子科技领域国际合作的层次和水平；抢占量子科技国际竞争制高点，构筑发展新优势。要在高度提防风险、提前做好应急预案与应对准备的基础上，持续在全球开展双边与多边量子科技交流合作，充分发挥中国量子科技整体优势与大市场优势，补齐技术短板，实现在特定领域的优势互补，抢抓量子科技机遇。■

参考文献：

- [1] NoCamels. Israeli researchers unveil country's first quantum computer[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://nocamels.com/2022/03/weizmann-quantum-computer-researchers/>.
- [2] Haaretz. Israel gets ready to join global quantum computing race[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://www.haaretz.com/israel-news/business/2019-12-01/ty-article/.premium/israel-gets-ready-to-join-global-quantum-computing-race/0000017f-e187-d75c-a7ff-fd8fbfa90000>.
- [3] CHE. The National Quantum Science and Technology Program[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://che.org.il/en/תגווק-הדיגולוככוטו-עדמל-תימואלה-תינכתה-2/>.
- [4] Government of Israel. NIS200 million budgeted for Israel's first quantum computer[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://www.gov.il/en/departments/news/quantum15022022>.
- [5] The Innovator. How Israel plans to create a quantum technologies innovation ecosystem[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://theinnovator.news/how-israel-plans-to-create-a-quantum-technologies-innovation-ecosystem/>.
- [6] The Times of Israel. Food, energy, space tech in top 5 of Israel's new national R&D priorities[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://www.timesofisrael.com/food-energy-space-tech-in-top-5-of-israels-new-national-rd-priorities/>.
- [7] Israel21c. Israel's 3 new technology trends for 2023[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://www.israel21c.org/israels-3-new-technology-trends-for-2023/>.
- [8] Haaretz. Quantum: the consortium that drives the quantum leap[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://www.haaretz.com/haaretz-labels/cutting-edge/2023-04-18/ty-article-labels/.premium/the-consortium-that-drives-a-quantum-leap/00000187-9485-d484-adeb-f68581bd0000>.
- [9] Haaretz. The Israeli Firm creating the chips the quantum computing revolution needs[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://www.haaretz.com/israel-news/tech-news/2022-07-07/ty-article-magazine/.premium/the-israeli-firm-creating-the-chips-the-quantum-computing-revolution-needs/00000181-d88c-dc50-a99f-dd9d2b470000>.
- [10] Globes. Amazon teams with Hebrew University on quantum computing[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://en.globes.co.il/en/article-amazon-teams-with-hebrew-university-on-quantum-computing-1001367050>.
- [11] CTech. Israel's quantum leap[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://www.calcalistech.com/ctechnews/article/niwetl0yb>.
- [12] The Times of Israel. Quantum computing and Israel's growing tech role[EB/OL]. <https://blogs.timesofisrael.com/quantum-computing-and-israels-growing-tech-role/>.
- [13] The Times of Israel. Nvidia builds quantum-classical computing system with Israel's Quantum Machines[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://www.timesofisrael.com/nvidia-builds-quantum-classical-computing-system-with-israels-quantum-machines/#:~:text=Israel's%20quantum%20computing%20center%20is,invite%20international%20cooperation%20on%20R%26D>.
- [14] Reuters. Intel buys Israeli AI startup Habana Labs for \$2 billion[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://www.reuters.com/article/us-habana-labs-m-a-intel/intel-buys-israeli-ai-startup-habana-labs-for-2-billion-idUSKBN1YK1BU/>.
- [15] Globes. Amazon's Israeli chip acquisition pays off handsomely[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://en.globes.co.il/en/article-amazons-israeli-chip-acquisition-pays-off-handsomely-1001418553>.
- [16] The Times of Israel. Nvidia completes acquisition of Israel's Mellanox for \$7 billion[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://www.timesofisrael.com/nvidia-completes-acquisition-of-israels-mellanox-for-7-billion/>.
- [17] Globes. Bennett joins the quantum computing arms race[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://en.globes.co.il/en/article-bennett-joins-the-quantum-computing-arms-race-1001446846>.

- [18] NoCamels. Israel announces a \$29M R&D center for quantum computing[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://nocamels.com/2022/07/world-first-quantum-computing-center/>.
- [19] EurekAlert!. Quantum technology R&D program between Ben-Gurion University, IDF and US Defense Departments announced[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://www.eurekalert.org/news-releases/612415>.
- [20] Quantum Machines. Conceptual overview[EB/OL]. [2023-12-30]. https://docs.quantum-machines.co/0.1/qm-qua-sdk/docs/Introduction/qop_overview/.
- [21] Ministry of Economy and Industry. Israel's Quantum Leap with the National Quantum Initiative (INQI)[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://itrade.gov.il/usa/israels-quantum-leap-with-the-national-quantum-initiative-inqi/>.
- [22] Inside Quantum Technology News. Quantum News Briefs: November 9, 2023[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://www.insidequantumtechnology.com/news-archive/quantum-news-briefs-november-9-2023-quantum-machines-and-quera-awarded-us-israel-bird-grant-princeton-university-offers-new-qis-ph-d-program-photonics-inc-partners-with-microsoft-and-more/>.
- [23] CTech. Quantum Machines to establish Israeli quantum computing center in \$30 million deal[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://www.calcalistech.com/ctechnews/article/byxndjzjq>.
- [24] Quantum Business News. "Laser Bit" technology developed as qubit alternative[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://www.quantumbusinessnews.com/infrastructure/-laser-bit-technology-developed-as-qubit-alternative>.
- [25] LightSolver. End-to-End solution[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://lightsolver.com/solution/>.
- [26] New Scientist. IonQ says its record-breaking quantum computer is most powerful ever[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://www.newscientist.com/article/2256004-ionq-says-its-record-breaking-quantum-computer-is-most-powerful-ever/>.
- [27] David Kramer. Israel has become a powerhouse in quantum technologies[J]. *Physics today*, 2021, 74(12): 24-27.
- [28] Americans for BGU. New interferometer may shed light on quantum gravity[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://americansforbgu.org/bgu-interferometer-shed-light-on-quantum-gravity/>.
- [29] Haaretz. Israel was in the market for two atomic clocks. now it's not[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://www.haaretz.com/israel-news/tech-news/2021-06-10/ty-article/premium/israel-was-in-the-market-for-two-atomic-clocks-now-its-not/0000017f-f1e2-d497-a1ff-f3e226030000>.
- [30] CTech. AccuBeat's clocks are powering a mission to Jupiter's icy moons[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://www.calcalistech.com/ctechnews/article/rkvuhqofc>.
- [31] U.S. Embassy in Israel. U.S. President Biden's visit to Israel, 13-15 July 2022 – speeches and remarks[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://il.usembassy.gov/president-biden-visit-speeches-and-remarks/>.
- [32] CTech. BIRD Foundation invests \$8 million in 9 new projects[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://www.calcalistech.com/ctechnews/article/hkx4l692>.
- [33] Max-Planck-Institut. Quantum gravity: German-Israeli cooperation signed and sealed[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://www.mpp.mpg.de/en/news/news/quantum-gravity-german-israeli-cooperation-signed-and-sealed>.
- [34] IDIC. The Israeli dutch innovation center[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://idic.org.il/nin/about>.
- [35] The Times of Israel. Toyota partners with Israel's quantum machines for quantum computing solutions[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://www.timesofisrael.com/toyota-partners-with-israels-quantum-machines-for-quantum-computing-solutions/>.
- [36] Quantum Machines. Toyota tsusho partners with quantum machines to provide quantum solutions for Japanese market[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://www.quantum-machines.co/blog/toyota-tsusho-partners-with-quantum-machines-to-provide-quantum-solutions-for-japanese-market%EF%BF%BC/>.
- [37] Quantum Machines. Quantum machines forges strategic partnerships with leading Korean research and investment groups[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://www.quantum-machines.co/blog/quantum-machines-forges-partnerships-with-leading-korean-research-investment-groups/>.
- [38] Breaking Defense. Israel's IAI seeking to increase US ties on quantum, hypersonics[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://breakingdefense.com/2023/12/30/israels-iai-seeking-to-increase-us-ties-on-quantum-hypersonics/>.

- breakingdefense.com/2023/02/israels-iai-seeking-to-increase-us-ties-on-quantum-hypersonics/.
- [39] C4ISRnet. Rafael hopes quantum technology can help in GPS-denied environments[EB/OL]. <https://www.c4isrnet.com/industry/2020/12/08/rafael-hopes-quantum-technology-can-help-in-gps-denied-environments/>.
- [40] Tel Aviv University. First Israeli nanosatellite designed to communicate from space with optical ground station[EB/OL]. [2023-12-30]. https://english.tau.ac.il/news/tau-sat3_ launched.
- [41] Tel Aviv University. First satellite observatory for quantum optical communication in Israel[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://english.tau.ac.il/news/new-satellite-observatory>.
- [42] Jerusalem News Syndicate. Israel aerospace industries works with startups developing quantum technology[EB/OL]. [2023-12-30]. <https://www.jns.org/israel-aerospace-industries-works-with-startups-developing-quantum-technology/>.

Status Quo of Development in Israeli Quantum Technology Industry and Its Implications

HU Kaiyuan¹, PENG Sizhen²

- (1. Central and Southern Regional Administration of Civil Aviation Administration of China, Guangzhou 510405;
2. The Administrative Center for China's Agenda 21, Beijing 100038)

Abstract: In recent years, Israel has proactively pursued development opportunities in quantum technology domain, implementing national initiative, unfurling a new national R&D priorities plan of “5+2”, establishing dedicated consortium, and bolstering international cooperation with key partners such as the U.S., Europe, Japan and South Korea. These Israeli endeavors have demonstrated characteristics such as unwavering national commitment, cross-sectoral collaboration, joint R&D, advancement of quantum solutions on parallel technical tracks, and diversified mechanisms of financial support. The exemplary Israeli practices of integrated military-civilian development strategy, collaborative R&D framework, consolidation of R&D foundation, and international cooperation are worthy of emulation.

Keywords: Israel; quantum; development; innovation