

数字经济促进光纤产业高质量发展研究

文 | 孙莹

数字经济与光纤产业作为现代信息社会的核心构成要素，展现出紧密的互动关系与协同演进的特征。光纤产业高质量发展需要通过构建多维度的评价体系，强调技术创新、绿色低碳、区域均衡及国际竞争力在推动产业升级中的核心地位。数字经济对光纤产业的影响机制可归纳为需求牵引、技术溢出及政策协同三条路径。为实现光纤产业高质量发展，需要构建“需求-供给”的动态适配机制，以实现精准规划；加速数字技术、光纤制造及服务创新的融合，拓展价值链；完善前瞻性政策体系，强化动态评估与协调机制。

在数字经济高速发展的背景下，光纤通信作为信息传输的核心载体，正加速向超高速率、超大容量和超低时延的方向演进。随着 5G 全面商用、云计算与物联网的普及，光纤网络已成为支撑数字经济的“神经网络”。行业持续推动光纤宽带化、全光网升级，并不断突破空分复用、硅光集成等新型技术，以满足日益增长的数据流量需求。同时，绿色低碳与智能化运维也成为产业发展的重要方向。光纤行业正以技术创新驱动数字基础设施升级，构筑起未来数字世界的坚实底座。

数字经济与光纤产业的关系

数字经济和光纤产业之间呈现出深刻的内在关联与动态互动机制，二者共同构筑了现代信息社会的基础设施与核心驱动力。作为数字时代的基础性与先导性产业，光纤产业为数字经济的繁荣提供了坚实的物理支撑，而数字经济的快速发展亦为光纤产业的转型升级和高质量发展创造了广阔的空间与机遇。在当前全球数字化进程不断深化的背景下，系统探讨数字经济如何推动光纤产业实现高质量发展，不仅具有重要的理论价值，更具备紧迫的现实意义。

光纤作为信息传输的核心通道，其发展水平直接决定了一个国家或地区数字经济的运行效率与创新能力。回溯历史脉络，光纤技术的每一次重大突破，例如，从多模光纤向单模光纤的演进、从 G.652 标准向 G.654.E 标准的升级，以及从 GPON 接入技术向 XGS-PON 技术的过渡，均伴随着数字经济形态的相应变革与提升。特别是在 2015 年至 2022 年期间，全球光纤网络覆盖率由 28% 显著上升至 67%，与此同时，数字经济占全球 GDP 的比重也从约 22% 增长至 45% 以上，二者展现出明显的正相关性。然而，这种关系并非简单的单向依存，而是形成了复杂的双向互动与协同演进过程。数字经济不仅对光纤网络提出了更高带宽、更低时延及更广覆盖的需求，还借助数字技术本身为光纤产业的研发、生产及运维等环节注入了创新动力，推动该产业向智能化、绿色化及高效化的方向演进。光纤产业高质量发展的内涵已从单一规模扩张转向多维目标，包括创新效率提升、资源节约、环境友好、

区域协调及普惠共享等，而数字经济正是实现这一转型的核心推动因素。通过需求牵引、技术溢出及政策协同三条关键路径，数字经济为光纤产业突破发展瓶颈、实现高质量发展提供了系统性支撑。在需求牵引方面，云计算、大数据、人工智能及工业互联网等数字技术应用的广泛普及，持续催生对高性能网络的需求，进而驱动光纤网络不断升级。在技术溢出方面，数字技术本身为光纤制造工艺优化、网络智能运维及产品设计创新提供了新工具与新方法。在政策协同方面，数字经济发展战略与光纤产业规划的有机结合，营造了促进产业高质量发展的制度环境。这三个维度相互交织、彼此强化，构成了数字经济推动光纤产业高质量发展的完整作用机制。然而，这种促进作用并非呈现线性增长，而是表现出显著的阈值效应与阶段性特征。在数字经济早期发展阶段，其对光纤产业的影响主要体现在需求拉动；随着数字经济深化，技术溢出效应逐渐增强；当数字经济进入成熟阶段后，政策协同的调节作用变得更为关键。同时，这一过程还受到区域经济发展水平、技术积累基础及制度环境等多种因素的制约，呈现出明显的异质性特征。

数字经济对光纤产业高质量发展的影响机制分析

数字经济对光纤产业高质量发展的促进机制呈现出多层次、多维度、高度复杂的特征，具体可归纳为需求牵引、技术溢出和政策协同三大核心路径。这些路径既具有相对的独立性，又彼此交织融合，共同构筑了一个系统性、协同性的作用框架。

需求牵引机制

需求牵引构成了数字经济驱动光纤产业发展的最直接动力，主要表现为数字应用的爆发式增长对网络基础设施提出的新要求。数字经济的核心特征在于数据的高效流动与价值的深度挖掘，而光纤网络作为信息传输的物理载体，其带宽、时延、覆盖率等关键性能指标直接决定了各类数字应用的可行性与用户的体验水平。随着如 8K 超高清视频、虚拟现实/增强现实、元宇宙的应用及工业互联网等新兴数字技术的快速普及，对网络带宽的需求呈现指数级增长态势。云

计算技术的广泛部署亦对光纤网络提出更高需求，企业上云进程的加速显著提升了数据中心间的互联需求，从而驱动骨干光纤网络向高容量、高智能的方向演进。数字应用的创新往往超前于既有的网络承载能力，由此形成“应用创新-网络升级-新应用涌现”的良性循环机制。以5G技术商用为例，其不仅促进了移动基站与核心网之间的光纤连接，还催生了对前传、中传及回传网络的差异化需求，从而推动光纤网络架构的持续重构与优化。值得注意的是，需求牵引机制并非均匀分布，而是表现出显著的应用差异性与区域不平衡性。高附加值的商业应用往往率先驱动光纤网络的建设与升级，而普惠性公共服务则相对滞后，进而加剧数字鸿沟问题。因此，如何在市场驱动与普遍服务之间实现平衡，推动光纤产业实现包容性高质量发展，已成为数字经济时代的重要战略议题。

技术溢出机制

技术溢出是数字经济赋能光纤产业发展的更为深层次机制，体现了数字技术对传统产业的全方位改造与提升作用。人工智能、大数据、物联网等关键数字技术正深度渗透至光纤产业的研发、生产及运维全流程。在研发环节，基于人工智能的材料模拟与结构设计优化显著缩短了新型光纤的开发周期，并提升了其性能指标。例如，通过引入深度学习算法优化光纤折射率分布，可有效降低传输损耗，提高单纤传输容量；同时，数字孪生技术的应用，使光纤的制造过程中能够构建高精度的虚拟模型，有助于提前识别并解决潜在的工艺问题。在生产环节，工业互联网平台的部署实现了光纤拉丝、涂覆、成缆等关键工序的智能化控制，大幅提高了产品一致性及良品率。大数据分析技术被广泛应用于质量监控体系，通过对海量生产数据的实时分析，能够快速识别工艺参数的微小偏差，避免批量性质量问题的发生。在运维环节，基于人工智能的智能运维系统实现了对光纤网络的7×24小时实时监测，能够精准定位故障节点并预测潜在风险，从而将传统“故障修复”模式转型为“预测性维护”模式，显著提升了网络可靠性及运维效率。此类技术溢出效应不仅优化了光纤产业的生产效率，还催生了诸多新型商业模式与服务形态，如光纤网络即服务（FNaaS）及基于光纤传感的智慧城市解决方案等。

政策协同机制

政策协同作为第三条关键路径，强调了制度环境在促进数字经济和光纤产业良性互动中的保障与引导功能。各国政府普遍将光纤网络建设纳入国家数字经济发展战略，通过顶层设计、政策激励及标准制定等手段，推动二者协调发展。具体而言，通过将光纤网络覆盖率纳入智慧城市评估体系，可有效引导地方政府加大对光纤基础设施的投资力度；建立

共建共享机制有助于避免重复建设，提升资源利用效率；设立普遍服务基金则能够保障农村及偏远地区的光纤覆盖，缓解数字鸿沟现象。政策协同需依据数字经济发展的不同阶段进行动态调整。在光纤网络建设初期，政府补贴与强制性入网政策有助于有效激活市场；随着网络渗透率逐步提高，政策重心应转向促进创新应用及优化网络结构；当网络建设趋于饱和时，政策重点则需转向推动绿色转型及参与制定国际标准，以实现可持续发展目标。

光纤产业高质量发展的内涵与评价体系

光纤产业作为信息通信基础设施的核心组成部分，其高质量发展已从传统以规模扩张和速度优先的线性增长模式，演进为一种以创新驱动、资源集约、环境可持续、区域协调及社会普惠为特征的多维度综合发展范式。这一转型不仅是技术进步的必然结果，也与全球可持续发展目标及中国“双碳”战略紧密契合。光纤产业高质量发展的内涵包括：一方面强调通过技术革新提升网络性能与效率，另一方面注重社会效益的最大化，形成物理覆盖广度与深度优化的协同演进。从创新驱动维度来看，高质量发展要求光纤产业突破传统发展的路径依赖，转向以原始创新与集成创新为核心的技术范式。这包括持续攻克光纤传输的理论极限，例如，通过多芯光纤、空分复用及模分复用等前沿技术，超越香农极限对单模光纤容量的约束；同时，优化光纤材料与结构设计，以降低信号衰减、延长中继距离，并引入人工智能与大数据分析技术，实现网络的动态资源分配与故障预测。此外，软件定义网络与网络功能虚拟化的深度融合，可提升网络的可编程性与弹性，从而满足工业互联网、虚拟现实等高带宽、低时延应用场景的需求。此类创新不仅提升了全要素生产率，还通过降低单位比特传输成本，增强了产业的经济韧性。从协调共享维度来看，高质量发展强调光纤基础设施的空间布局与功能适配性，以解决区域发展不平衡的问题。这需通过政策干预与市场机制的协同，缩小城乡间及东西部地区的“数字鸿沟”。例如，在偏远地区推广低成本、高可靠的光纤接入方案，并结合卫星通信等互补技术，实现普惠性覆盖。同时，依据不同行业需求提供差异化服务：工业互联网需构建高可靠、低时延的专用光纤网络，支持智能制造与远程控制；而智慧城市应用则需高密度、灵活接入的光纤架构，以承载物联网与边缘计算负载。这种协调性不仅提升了资源利用效率，还促进了社会公平与整体福利。从绿色可持续维度来看，高质量发展要求光纤产业在全生命周期内践行环境友好原则，这与全球低碳转型趋势一致。光纤网络的能耗主要集中于光传输设备、光放大器及数据中心互联环节，可通过技术与管理优化实现减排。具体措施包括：研发高能效光器件、优化

网络拓扑以减少中继节点数量、推广基于 AI 的智能节能算法,以及开展碳足迹核算与全生命周期评估。实证研究表明,在同等带宽条件下,光纤网络相较于传统铜缆网络可降低约 60% 的能耗,并为高碳排放行业提供光纤传感监测工具,间接推动全社会减排。此外,循环经济理念的引入,如光纤材料的回收再利用,进一步强化了产业的生态效益。从开放合作维度来看,高质量发展要求光纤产业融入全球价值链,并通过参与国际标准制定与技术创新联盟提升国际竞争力。这包括主导或协同制定光通信国际标准,建立跨国研发平台,并依托“一带一路”倡议等框架,输出技术解决方案与项目管理经验。中国光纤企业已在海底光缆、5G 前传网络等领域积累优势,未来需进一步强化自主可控的核心技术,同时,通过开放合作规避技术壁垒与贸易摩擦的风险,实现全球资源的高效配置。为科学评估光纤产业的高质量发展水平,有必要建立一个多层次且量化的评价体系。该体系综合了结构性与绩效性两类指标,并采用主观与客观相结合的评估方法。具体而言,在创新性维度中,评价内容涵盖研发投入强度、发明专利数量、单纤传输容量、网络时延及智能化水平。在协调性维度中,涉及光纤覆盖率、区域网络密度和应用适配指数。在绿色性维度中,包括单位信息传输能耗、碳排放强度及材料循环利用率。在开放性维度中,考量国际标准参与度、海外市场份额、技术出口额及跨国合作项目数量。此外,综合效益维度需进一步评估全要素生产率和社会净收益,最终构建一个全面且系统化的高质量发展评估框架。

数字经济促进光纤产业高质量发展的路径

数字经济促进光纤产业高质量发展的实施路径,需建立在深入理解二者互动机制的基础上,并针对不同发展阶段、区域特征及应用需求,采取差异化与精准化策略。

第一条路径在于构建需求与供给之间的动态适配机制,以促成数字经济发展与光纤网络建设的良性循环。这要求建立健全的市场监测与预测体系,实时追踪数字应用对网络性能的需求演变,并及时调整光纤网络的规划与建设重心。随着数字经济的逐步成熟,应更加强调网络的智能化与灵活性,以支撑多样化创新应用。同时,需积极探索新型商业模式,例如,网络能力开放平台、光纤资源租赁模式以及基于使用量的定价机制,从而提升光纤网络的利用效率与投资回报。尤其在第五代及第六代移动通信技术时代,光纤网络作为无线通信回传与前传基础设施,其建设规划必须与无线网络的发展紧密协同,以规避重复投资与资源浪费。实施该路径的关键在于建立跨部门与跨行业的协调机制,打破传统的行业壁垒,促进信息共享与协同决策。第二条路径侧重于加速数字技术与光纤产业的深度融合,通过技术创新驱动产业升级。这一路径涵盖两个层面:一是将

人工智能、大数据及物联网等数字技术集成于光纤制造流程,以优化产品质量与生产效率;二是开发基于光纤网络的新型数字服务,扩展产业价值链。在制造环节中,可运用机器视觉技术实现光纤外观的自动化检测,借助深度学习算法优化拉丝工艺参数,并利用数字孪生技术模拟整体生产流程,预先识别并解决潜在问题。此类技术应用不仅有助于降低生产成本,还能显著提升产品性能的一致性与可靠性。在服务环节中,可探索光纤传感技术在智慧城市、环境监测及结构健康诊断等领域的应用,将传统通信光纤转化为多功能感知网络。例如,基于光纤布里渊散射效应,可实现桥梁与隧道等基础设施的实时应力监测;通过分布式光纤温度传感技术,能够对电力电缆进行精准温度监控,从而预防安全事故。这些创新应用不仅为光纤产业开拓了新的市场空间,还产生了显著的社会效益。第三条路径旨在完善政策支持体系,营造有利于产业高质量发展的制度环境。政策制定应遵循精准滴灌原则,依据不同发展阶段的特点与需求实施差异化措施。随着网络覆盖率的提升,政策重点应转向促进创新应用与提高网络效率,例如,设立创新应用示范项目、推动共建共享机制;当网络趋于饱和时,则需更加注重绿色发展与国际竞争,制定严格的能效标准,并支持企业参与国际标准制定。政策制定需具备前瞻性,充分预判技术发展趋势与市场需求变化,以避免因政策滞后引发的资源错配。随着第六代移动通信技术预研的启动,政策制定者应提前考量未来光纤网络的演进方向,引导产业链向更高技术水平过渡。此外,应强化政策评估与动态调整机制,建立科学的政策效果评价体系,及时识别问题并进行优化改进。

结束语

从长远发展视角审视,光纤产业将持续作为数字经济的根本性支柱,然而,其内涵与外延将经历深刻演变。光纤网络正从单一的信息传输通道向智能化服务平台转型,借由人工智能及边缘计算等尖端技术的深度整合,实现网络功能的全面智能化。光纤产业的全球分布格局趋于复杂化,地缘政治因素的影响力逐步增强。各国对信息基础设施安全性的关注度持续提升,鉴于光纤网络作为关键信息基础设施的核心地位,其产业链安全已上升至国家安全的战略高度。就中国的光纤产业而言,应在坚持开放协作的前提下,强化核心技术的自主创新能力,提升产业链关键环节的控制力,并积极参与国际标准制定,以增强在全球价值链中的话语权。光纤产业亟须通过数字技术创新与管理优化,降低单位信息传输的能源消耗水平。数字经济的发展成为提升光纤产业竞争力的重要契机,可以催生创新的技术路径与商业模式。

作者简介:孙莹 中共辽宁省委党校

责任编辑:孙心仪 投稿邮箱:zhouhl@staff.ccidnet.com