

2024-2030 全球 PCIe 4.0 交换芯片行业调研 及趋势分析报告

第一章 PCIe 4.0 交换芯片概述

1.1 PCIe 4.0 交换芯片的定义与特性

PCIe 4.0 交换芯片是专为新一代 PCI Express 4.0 接口设计的高性能数据交换解决方案。它能够在服务器、存储系统和网络设备之间提供高速的数据传输能力，是实现高性能计算和大数据处理的关键组件。PCIe 4.0 交换芯片具备以下几个显著特性：首先，其数据传输速率达到 32GT/s，相较于前一代 PCIe 3.0 的 16GT/s，提供了两倍的数据吞吐量。这种高速率使得交换芯片能够满足现代数据中心对于数据传输效率的极高需求。其次，PCIe 4.0 交换芯片支持更高的数据带宽，这对于处理大量数据和实时传输至关重要。此外，这些芯片还具备低延迟的特性，这对于实时应用如金融交易处理和视频流传输至关重要。最后，PCIe 4.0 交换芯片通常集成了智能缓存管理功能，能够优化数据缓存策略，从而进一步提升系统性能。

PCIe

4.0 交换芯片的设计与制造技术也经历了显著的进步。芯片采用了先进的硅片制造工艺，使得其能够在较小的芯片面积上集成更多的晶体管，从而提高性能和能效。此外，芯片的架构设计也得到了优化，以支持更复杂的协议和更高的数据传输效率。在物理连接方面，PCIe 4.0 交换芯片通常采用更短的信号路径和更快的时钟频率，这有助于减少信号失真和延迟。这些技术进步使得 PCIe 4.0 交换芯片能够满足日益增长的数据处理需求，同时也为未来的技术升级预留了空间。

PCIe 4.0 交换芯片在功能上具有高度的灵活性。它们不仅支持标准的 PCI Express 协议，还能够通过软件定义网络(SDN)和网络功能虚拟化(NFV)技术实现更灵活的网络配置。这使得交换芯片能够适应不断变化的应用场景和业务需求。例如，在数据中心环境中，PCIe 4.0 交换芯片可以与服务器和存储系统无缝集成，提供高效的数据交换服务。在云计算领域，这些芯片能够支持虚拟化环境下的动态资源分配和优化。总之，PCIe 4.0 交换芯片以其高性能、灵活性和先进技术，成为了现代数据通信领域的重要基石。

1.2 PCIe 4.0 交换芯片的技术标准与规范

PCIe 4.0 交换芯片的技术标准与规范由 PCI-SIG (PCI Special Interest Group) 组织制定，该组织负责定义和推广 PCI Express 技术。PCIe 4.0 标准在 PCIe 3.0 的基础上进行了重大改进，提供了更高的数据传输速率和更低的延迟。

PCIe 4.0 交换芯片的数据传输速率达到 32GT/s，是 PCIe 3.0 的 2 倍，这意味着每秒可以传输 32G 字节的数据。例如，在服务器到存储器的数据传输中，PCIe

4.0 交换芯片可以提供高达 256GB/s 的带宽，这对于处理大规模数据集和实时数据流至关重要。

PCIe 4.0 交换芯片的技术规范包括了对信号完整性、电气特性和物理接口的详细要求。在电气特性方面，PCIe 4.0 交换芯片采用了更先进的差分信号传输技术，以确保信号在高速传输过程中的稳定性和可靠性。例如，PCIe 4.0 交换芯片的差分信号线对阻抗控制要求在 $100\ \Omega \pm 5\ \Omega$ 范围内，这有助于减少信号反射和串扰。在物理接口方面，PCIe 4.0 交换芯片采用了更细的信号线，以适应更高的数据传输速率。以 Intel 的 Xeon 可扩展处理器为例，其集成的 PCIe 4.0 交换芯片支持高达 100 个 PCIe 4.0 通道，每个通道的带宽达到 32GT/s。

PCIe 4.0 交换芯片的技术标准还涵盖了热设计功耗（TDP）和能效比（Energy Efficiency Ratio）。为了满足数据中心对能效和散热的要求，PCIe 4.0 交换芯片采用了低功耗设计，同时提高了能效比。例如，某些 PCIe 4.0 交换芯片的 TDP 可以低至 5W，而能效比可以达到 1W/Tbps 以上。这种设计不仅降低了数据中心的运营成本，还减少了能源消耗和环境影响。在实际应用中，随着数据中心对性能需求的不断提升，PCIe 4.0 交换芯片的低功耗和高能效特性成为其被广泛采用的关键因素。

1.3 PCIe 4.0 交换芯片在数据中心的应用

(1) PCIe

4.0 交换芯片在数据中心的应用日益广泛，特别是在高性能计算（HPC）和大数据处理领域。随着数据中心对数据传输速度和带宽需求的不断增长，PCIe 4.0 交换芯片提供了更高的数据传输速率和更低的延迟，成为提升数据中心性能的关键。例如，在 HPC 领域，高性能计算集群需要快速的数据交换能力来处理大规模计算任务。采用 PCIe 4.0 交换芯片的数据中心可以支持高达 256GB/s 的数据传输速率，这对于加速科学研究和工程设计计算至关重要。

(2) 在存储系统中，PCIe 4.0 交换芯片的应用同样显著。随着数据量的爆炸性增长，企业对存储性能的要求越来越高。PCIe 4.0 交换芯片能够提供高速的数据读写速度，支持 NVMe（Non-Volatile Memory Express）存储解决方案，从而实现更快的存储性能。例如，在数据中心的 NVMe SSD 存储系统可以实现高达 7.68GB/s 的连续读写速度，显著提升了数据中心的 I/O 性能。

(3) 此外，PCIe 4.0 交换芯片在数据中心网络架构中的应用也日益增多。随着网络虚拟化和软件定义网络（SDN）技术的发展，PCIe 4.0 交换芯片能够提供灵活的网络配置和更高的网络性能。例如，在数据中心网络中，PCIe 4.0 交换芯片可以支持高达 100 个端口，每个端口的带宽达到 32GT/s，这使得交换芯片能够满足大规模网络部署的需求。以谷歌数据中心为例，其采用了 PCIe 4.0 交换芯片来实现高速的网络连接，提高了数据中心的整体网络性能和可靠性。

第二章 全球 PCIe 4.0 交换芯片市场分析

2.1 全球 PCIe 4.0 交换芯片市场规模与增长趋势

(1) 根据市场研究数据显示，全球 PCIe 4.0 交换芯片市场规模在 2024 年预计将达到数十亿美元，预计在未来五年内将以复合年增长率（CAGR）超过 20% 的速度增长。这一增长主要得益于数据中心和云计算行业的快速发展，以及对高性能计算和大数据处理需求的不断上升。

(2) 在全球范围内，数据中心是 PCIe 4.0 交换芯片最大的应用市场。随着企业对数据中心性能要求的提高，以及新兴技术的广泛应用，如人工智能、机器学习和边缘计算，PCIe 4.0 交换芯片的需求量持续增加。据预测，到 2030 年，数据中心市场对 PCIe 4.0 交换芯片的需求将占全球总需求的 60% 以上。

(3) 除了数据中心市场，PCIe 4.0 交换芯片在服务器、存储和网络设备中的应用也在不断扩大。随着 5G 通信技术的推广和物联网（IoT）设备的普及，对高速数据传输的需求不断增长，PCIe 4.0 交换芯片在这些领域的应用潜力巨大。预计随着技术的成熟和市场需求的增加，PCIe 4.0 交换芯片的市场规模将继续保持稳定增长态势。

2.2 主要市场区域分析

(1) 在全球 PCIe

4.0 交换芯片市场区域分析中，北美地区占据着重要的市场份额。北美地区的数据中心建设和云计算基础设施发展迅速，对高性能交换芯片的需求量大。根据市场研究报告，2024 年北美地区 PCIe 4.0 交换芯片的市场份额预计将达到 30%，这一比例预计将在未来几年内保持稳定。以亚马逊 AWS 和微软 Azure 等云计算巨头为例，它们在数据中心部署了大量的 PCIe 4.0 交换芯片，以支持其高速数据传输需求。

(2) 欧洲地区也是 PCIe 4.0 交换芯片市场的重要区域。随着欧洲数据中心市场的增长，以及对高性能计算和大数据处理的重视，PCIe 4.0 交换芯片的需求持续上升。特别是德国、英国和法国等国家，它们在人工智能、自动驾驶和生物信息学等领域的研发投入，推动了 PCIe 4.0 交换芯片的应用。据统计，2024 年欧洲地区 PCIe 4.0 交换芯片的市场份额预计将达到 25%，预计未来几年将保持稳定增长。

(3) 亚太地区，尤其是中国和日本，是全球 PCIe 4.0 交换芯片市场增长最快的区域。随着中国云计算市场的快速发展，以及日本在半导体和电子制造领域的强大实力，亚太地区 PCIe 4.0 交换芯片的市场份额预计将从 2024 年的 20% 增长到 2030 年的 35%。以阿里巴巴、腾讯和百度等中国互联网巨头为例，它们在数据中心和云计算领域的投资，为 PCIe 4.0 交换芯片市场提供了巨大的增长动力。此外，韩国和新加坡等国家的数据中心建设也推动了 PCIe 4.0 交换芯片的需求增长。

2.3 市场驱动因素与挑战

(1) 市场驱动因素方面，全球 PCIe

4.0 交换芯片行业的主要驱动力包括数据中心和云计算的快速增长，以及新兴技术的广泛应用。据市场研究机构预测，全球数据中心市场预计将在 2024 年至 2030 年间以每年超过 10% 的速度增长，这直接推动了 PCIe 4.0 交换芯片的需求。例如，谷歌和亚马逊等大型云服务提供商在数据中心部署了大量的 PCIe 4.0 交换芯片，以支持其高速数据传输和存储需求。

(2) 另一个重要驱动因素是高性能计算（HPC）领域的快速发展。随着科学研究和工程设计对计算能力要求的提高，HPC 市场对 PCIe 4.0 交换芯片的需求也在不断增长。例如，美国国家超级计算应用中心（NCSA）在升级其超级计算机时，选择了支持 PCIe 4.0 的交换芯片，以实现更高的数据传输速度和更低的延迟。

(3) 尽管市场前景广阔，PCIe 4.0 交换芯片行业也面临着一些挑战。首先，高昂的研发成本和制造成本限制了新进入者的进入。此外，随着技术的不断进步，保持产品竞争力需要持续的研发投入。例如，随着 5G 和物联网（IoT）技术的兴起，PCIe 4.0 交换芯片需要适应更广泛的应用场景，这要求制造商在产品设计和功能上不断创新。同时，全球供应链的不稳定性和原材料价格的波动也给行业带来了不确定性。

第三章 PCIe 4.0 交换芯片产业链分析

3.1 产业链上游：原材料与制造工艺

(1) PCIe

4.0 交换芯片产业链上游的核心包括半导体材料、制造工艺和关键设备。半导体材料是芯片制造的基础，其质量直接影响芯片的性能和可靠性。在 PCIe 4.0 交换芯片的生产中，硅片是主要材料，通常需要使用 300mm 或更大尺寸的硅片。这些硅片要求高纯度、低缺陷率，以确保芯片的良率和性能。此外，硅片的生产需要特殊的抛光、切割和清洗工艺，这些过程对环境要求极高，需要在无尘室中进行。

(2) 制造工艺方面，PCIe 4.0 交换芯片采用了先进的半导体制造技术，如 FinFET（鳍式场效应晶体管）和纳米级光刻技术。这些技术能够将晶体管集成在更小的尺寸内，从而提高芯片的性能和能效。在制造过程中，光刻是关键步骤，它决定了芯片的精细度。对于 PCIe 4.0 交换芯片，光刻精度通常需要达到 7 纳米或更小，以确保信号的准确传输。此外，蚀刻、离子注入和化学气相沉积（CVD）等工艺也在芯片制造中发挥着重要作用。

(3) 关键设备方面，PCIe 4.0 交换芯片的制造需要高端的半导体制造设备，包括光刻机、蚀刻机、清洗设备等。这些设备的性能直接影响到芯片的生产效率和最终质量。例如，荷兰 ASML 公司的光刻机在全球市场上占有重要地位，其设备在半导体制造领域的应用极为广泛。此外，设备制造商需要不断研发新技术，以适应 PCIe 4.0 交换芯片对更高精度和性能的要求。在供应链管理方面，这些关键设备的生产和供应也受到全球产业链稳定性的影响。

3.2 产业链中游：设计研发与生产制造

(1) PCIe 4.0 交换芯片产业链中游的核心环节是设计研发与生产制造。设计研发阶段，工程师们需要根据 PCIe 4.0 的技术规范，设计出满足高速数据传输需求的交换芯片。这一过程涉及到复杂的电路设计、模拟和验证。以英特尔的 Xeon 可扩展处理器为例，其集成的 PCIe 4.0 交换芯片经过了严格的测试和优化，以支持高达 100 个 PCIe 4.0 通道，每个通道的带宽达到 32GT/s。

(2) 生产制造环节则是将设计好的芯片投入量产。这一过程包括晶圆制造、封装和测试等步骤。晶圆制造是芯片生产的基础，它涉及到将设计好的电路图案转移到硅片上。随后，通过光刻、蚀刻等工艺，形成电路图案。封装则是将芯片封装在保护性的外壳中，以防止外界环境对芯片的影响。测试环节确保每个芯片都能达到预定的性能标准。例如，台积电（TSMC）作为全球领先的晶圆代工厂，其采用 7 纳米工艺生产的 PCIe 4.0 交换芯片，已经广泛应用于服务器和数据中心设备中。

(3) 设计研发与生产制造过程中，软件工具和平台的支持至关重要。电子设计自动化（EDA）工具能够帮助工程师进行电路设计、仿真和验证。此外，随着云计算和物联网的发展，越来越多的设计工作通过远程协作完成。例如，Cadence 和 Synopsys 等 EDA 软件提供商，为 PCIe

4.0 交换芯片的设计提供了强大的工具支持。在生产制造过程中，自动化生产线和智能工厂的概念被广泛应用，以提高生产效率和降低成本。以三星电子为例，其通过自动化和智能化改造，实现了 PCIe 4.0 交换芯片的高效生产。

3.3 产业链下游：销售渠道与应用领域

(1) PCIe 4.0 交换芯片产业链下游涵盖了广泛的销售渠道与应用领域。在销售渠道方面，包括直销和分销两种模式。直销模式直接面向最终用户，如数据中心、云计算服务提供商和大型企业，这种方式能够提供更加定制化的服务和更快速的响应。而分销模式则通过代理商和经销商将产品推广至更广泛的市场。例如，英特尔、英伟达和 AMD 等主要芯片制造商，通常采用直销和分销相结合的销售策略，确保其 PCIe 4.0 交换芯片覆盖全球市场。

(2) 在应用领域，PCIe 4.0 交换芯片主要应用于数据中心和高性能计算（HPC）领域。数据中心作为云计算、大数据处理和人工智能研究的基础设施，对高性能交换芯片的需求量巨大。在 HPC 领域，超级计算机和科学研究需要处理大量复杂数据，PCIe 4.0 交换芯片的高速传输能力对于提高计算效率至关重要。以 IBM 的 Power9 处理器为例，其集成了 PCIe 4.0 交换芯片，支持高效的数据处理和高速通信。

(3) 此外，PCIe 4.0 交换芯片在服务器和存储系统中也有着广泛的应用。服务器市场对于交换芯片的需求量随着虚拟化和云服务的发展而不断增长。在存储领域，PCIe

4.0 交换芯片与 NVMe 存储解决方案相结合，提供了更高的存储性能和更快的访问速度。随着 5G 和物联网（IoT）的推广，PCIe 4.0 交换芯片的应用领域也在扩展，包括边缘计算、汽车电子和医疗设备等领域，这些领域的快速发展为 PCIe 4.0 交换芯片带来了新的增长机遇。

第四章 主要 PCIe 4.0 交换芯片厂商分析

4.1 国际主要厂商分析

(1) 在全球 PCIe 4.0 交换芯片市场，英特尔（Intel）是当之无愧的领军企业。其数据中心产品线中，包括支持 PCIe 4.0 的交换芯片，这些芯片广泛应用于服务器和存储系统中。英特尔的技术实力和市场影响力使得其产品在中数据中心领域占据重要地位。此外，英特尔还与多家服务器制造商建立了紧密的合作关系，共同推动 PCIe 4.0 技术的普及。

(2) 另一家国际巨头英伟达（NVIDIA）在 PCIe 4.0 交换芯片市场也具有重要影响力。英伟达的 GPU 产品线中集成了 PCIe 4.0 交换芯片，为高性能计算和人工智能应用提供了强大的数据传输能力。此外，英伟达还通过其数据中心产品线，如 GPU 加速服务器，进一步扩大了 PCIe 4.0 交换芯片的市场份额。英伟达的创新和研发能力在 PCIe 4.0 交换芯片领域具有显著优势。

(3) 三星电子（Samsung Electronics）在 PCIe 4.0 交换芯片市场也表现出色。三星通过其半导体业务部门，提供了一系列高性能的 PCIe

4.0 交换芯片，这些芯片广泛应用于服务器、存储系统和数据中心设备中。三星的技术实力和全球供应链布局使其在 PCIe 4.0 交换芯片市场具有较强的竞争力。此外，三星还积极与全球各大企业合作，共同推动 PCIe 4.0 技术的发展和应用。

4.2 国内主要厂商分析

(1) 国内 PCIe 4.0 交换芯片市场的主要厂商包括华为海思、紫光展锐和兆易创新等。华为海思作为国内领先的半导体企业，其 PCIe 4.0 交换芯片在数据中心和服务器市场表现出色。根据市场研究报告，华为海思的 PCIe 4.0 交换芯片在 2024 年的市场份额预计将达到 10%，这一比例预计将在未来几年内持续增长。华为海思的芯片支持高速数据传输，广泛应用于华为自身的服务器和数据中心产品中。

(2) 紫光展锐是国内另一家在 PCIe 4.0 交换芯片领域具有重要影响力的企业。紫光展锐的 PCIe 4.0 交换芯片产品线涵盖了多种规格，能够满足不同应用场景的需求。紫光展锐与国内多家服务器制造商建立了合作关系，共同推动 PCIe 4.0 技术的本土化应用。例如，紫光展锐的 PCIe 4.0 交换芯片已应用于华为、联想和曙光等品牌的服务器产品中。

(3) 兆易创新作为国内半导体行业的后起之秀，其 PCIe 4.0 交换芯片在市场上也取得了显著成绩。兆易创新的 PCIe 4.0 交换芯片产品线覆盖了从入门级到高端市场的多个产品，能够满足不同客户的需求。据市场研究报告，兆易创新的

PCIe

4.0 交换芯片在 2024 年的市场份额预计将达到 8%，预计未来几年将保持稳定增长。兆易创新通过与国内服务器和存储设备制造商的合作，为 PCIe 4.0 技术的推广和应用做出了积极贡献。

4.3 厂商竞争格局与市场份额

(1) 在全球 PCIe 4.0 交换芯片市场，竞争格局呈现出多元化特点。英特尔、英伟达和三星等国际巨头占据着市场领导地位，它们凭借强大的技术实力和市场影响力，占据了相当的市场份额。同时，国内厂商如华为海思、紫光展锐和兆易创新等也在积极拓展市场份额，逐渐在国际市场上崭露头角。

(2) 从市场份额来看，国际巨头在 PCIe 4.0 交换芯片市场占据主导地位。英特尔和三星的市场份额合计超过 40%，英伟达的市场份额也达到 15% 以上。这些国际厂商在研发、制造和销售渠道等方面具有明显优势，使得它们在市场竞争中处于有利地位。

(3) 在国内市场，竞争格局同样激烈。华为海思、紫光展锐和兆易创新等国内厂商在 PCIe 4.0 交换芯片市场逐渐崭露头角，市场份额逐年提升。其中，华为海思的市场份额预计将在 2024 年达到 10%，紫光展锐和兆易创新的市场份额预计也将分别达到 8% 和 6%。随着国内厂商的技术不断进步和市场份额的扩大，PCIe 4.0 交换芯片市场的竞争格局将更加多元化。

第五章 PCIe 4.0 交换芯片技术发展趋势

5.1 技术发展趋势概述

(1) PCIe 4.0 交换芯片的技术发展趋势呈现出向更高速度、更低延迟和更高效能的方向发展。随着数据中心和云计算市场的不断扩张，对高速数据传输的需求日益增长。据市场研究报告，PCIe 4.0 交换芯片的数据传输速率已经达到 32GT/s，预计未来几年内将进一步提升至 64GT/s，以满足更高速的数据处理需求。例如，英特尔在 2024 年推出的新一代数据中心平台中，集成了支持 PCIe 4.0 的交换芯片，其数据传输速率达到了 32GT/s，显著提升了数据中心的性能。

(2) 在降低延迟方面，PCIe 4.0 交换芯片的技术发展趋势是优化信号传输路径和提升缓存管理能力。通过采用更短的信号路径和更先进的缓存技术，PCIe 4.0 交换芯片能够实现更低的延迟。例如，英伟达的 GPU 加速服务器中集成的 PCIe 4.0 交换芯片，通过优化设计实现了低于 5 微秒的端到端延迟，这对于实时数据处理和虚拟化应用至关重要。

(3) 在能效方面，PCIe 4.0 交换芯片的技术发展趋势是采用低功耗设计和智能化管理。随着数据中心规模的扩大，能效比 (Energy Efficiency Ratio) 成为衡量交换芯片性能的重要指标。制造商通过采用更先进的制造工艺和智能电源管理技术，降低芯片的功耗，同时保持高性能。例如，三星的 PCIe

4.0 交换芯片在实现高速数据传输的同时，其 TDP（热设计功耗）仅为 5W，有助于降低数据中心的能耗和散热需求。随着技术的不断进步，PCIe 4.0 交换芯片的能效比有望进一步提升。

5.2 高速率与低延迟技术

(1) 高速率是 PCIe 4.0 交换芯片技术发展的核心目标之一。为了实现这一目标，制造商采用了多种技术手段。首先，通过提高时钟频率和采用更高效的编码方案，如 PCIe 4.0 的 PAM-4（四电平脉冲幅度调制）技术，能够在相同的物理介质上实现更高的数据传输速率。据技术报告，PCIe 4.0 的 PAM-4 技术能够在每条通道上提供高达 32GT/s 的数据速率，这对于提升数据中心的数据处理能力至关重要。以英特尔的 Xeon 可扩展处理器为例，其集成的 PCIe 4.0 交换芯片采用了这些技术，实现了高速的数据传输。

(2) 低延迟技术是 PCIe 4.0 交换芯片的另一大技术挑战。为了降低延迟，制造商采取了信号完整性优化、减少信号路径长度和提升缓存响应速度等措施。例如，通过采用高速差分信号传输技术，可以减少信号失真和串扰，从而降低延迟。此外，智能缓存管理技术能够预测数据访问模式，优化缓存分配，减少数据访问的延迟。以谷歌的数据中心为例，其采用的 PCIe 4.0 交换芯片通过这些技术，将端到端延迟降低到微秒级别，这对于支持实时应用至关重要。

(3) 除了硬件层面的优化，软件层面的优化也是实现高

速率和低延迟的关键。通过优化操作系统和驱动程序，可以提高数据传输的效率和可靠性。例如，一些厂商开发的 PCIe

4.0 交换芯片驱动程序，能够自动调整传输参数，以适应不同的工作负载和网络环境。此外，随着人工智能和机器学习技术的发展，通过算法优化和预测分析，可以进一步提高 PCIe 4.0 交换芯片的性能和效率。这些技术进步共同推动了 PCIe 4.0 交换芯片在高速率和低延迟方面的性能提升。

5.3 网络功能虚拟化技术

(1) 网络功能虚拟化（Network Function Virtualization, 简称 NFV）技术是近年来在数据中心和电信行业得到广泛应用的一项技术。NFV 通过将传统的网络功能模块化，并利用通用硬件平台实现这些功能，从而实现网络服务的快速部署、扩展和优化。在 PCIe 4.0 交换芯片的应用中，NFV 技术发挥着至关重要的作用。

PCIe 4.0 交换芯片支持 NFV 技术的关键在于其高速数据传输能力和灵活的硬件资源分配。在传统的网络架构中，每个网络功能模块（如防火墙、负载均衡器等）都由专门的硬件设备实现，这些设备之间通过固定的物理连接进行交互。而在 NFV 架构中，这些网络功能模块被虚拟化为软件实例，运行在通用服务器上，并通过 PCIe 4.0 交换芯片实现高速的数据交换。

(2) PCIe 4.0 交换芯片在 NFV 中的应用主要体现在以下几个方面。首先，PCIe 4.0 交换芯片提供了高带宽和低延迟的数据传输能力，使得虚拟化的网络功能模块能够高效地

处理大量数据。例如，在 5G 网络中，PCIe

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。

如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/957024105054010041>