

全球数据存储产业技术现状与发展

董建龙

(中国科学技术部, 北京 100862)

摘 要: 当前全球数据存储产业正酝酿着第三轮技术、设备及框架变化, 这为期待着突破核心技术的中国数据存储产业提供了良好的机遇。中国数据存储产业需要抓住全球数据存储产业新技术重构的机会, 提出新型数据存储技术、结构和应用的新方法, 探索新型数据存储技术、体系、架构的创新之路。其发展方向主要集中在数据存储介质、数据存储软件和数据存储系统集成三个层面。

关键词: 信息技术; 数据存储产业; 数据存储介质; 数据存储软件; 数据存储系统

中图分类号: TP333 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2011.10.002

当前, 全球信息技术领域中的数据存储产业正进入爆炸式增长时期。在此背景下, 承袭 20 世纪 80 年代大规模集成电路的第一波计算机芯片技术革命, 以及 90 年代高速计算机通讯蓬勃兴起的第二波网络技术浪潮, 全球数据存储产业正酝酿着第三轮技术、设备及架构变化, 这为期待着突破核心技术的中国数据存储产业提供了良好的机遇。那么, 中国的存储产业该如何突破传统技术发展模式实现跨越式发展? 在大容量数据存储的核心技术研发与产业突破发展中应当注意哪些方向性的问题? 本文就此做一些分析。

一、产业现状

目前大容量数据存储技术还主要被国外厂商所占据。从 1956 年第一个磁盘存储器在美国 IBM 公司问世以来, 数据存储领域占据领导地位的厂商主要来自美国、日本, 如 IBM、HP、EMC、HITACHI 等, 其中美国包揽存储领域大部分专利技术。

在信息技术和计算机产业群中, 数据存储是门槛最高的领域, 不但需要大量资金投入, 更需要长期的技术积累、人才传承。正因为数据存储的核心技术受制于人, 中国的数据存储产业发展之路才尤

为艰难。

当然, 中国数据存储产业这些年的发展取得了一些成果。一些企业在数据存储技术产业化和客户资源方面积累了一定经验, 而部分重点高校与研究机构在技术研究上也取得了一定的突破, 但整个产业的发展速度距离国家需求和市场预期还有很大差距。而要加速发展进程, 必须进行有效的行业追踪、寻找突破口, 必须在基本数据存储技术与数据存储体系架构上实现更多的自主创新突破。

二、市场需求

数据存储技术具有极为广泛的应用前景。2009 年, 全球存储的数据达到 90 多 EB, 并且每过 18 个月整个信息数据的容量就将是所有历史数据量的总和。2010 年存储市场容量为 600 多亿美元, 2013 年存储市场将达到 800 多亿美元。这是一个充满商机与活力的领域。

数据存储又是国家信息安全战略的重要核心部分, 管理通讯、交通、资源等国之命脉, 无不依赖数据存储者。如果数据存储技术、设备长期依赖国外, 将严重威胁到国家的信息安全, 因此, 中国的大容量数据存储产业必须加快发展进程。

作者简介: 董建龙 (1952-), 男, 科学技术部 副研究员; 研究方向: 科技政策。

收稿日期: 2011年8月18日

三、战略思路

中国数据存储产业需要抓住全球数据存储产业新技术重构的机会,深入研究新型数据存储及应用,提出新型数据存储技术、结构和应用的新方法,探索新型数据存储技术、体系、架构的创新之路。

人们已经意识到高层次、高规格整合资源的重要意义,现在,需要从国家层面进行更高规格、更大规模的官、产、学、研整合,联手海外资源,加速中国核心数据存储技术的突破,带动相关产业链的大发展。

四、发展方向

数据存储产业的发展主要集中在数据存储介质、数据存储软件和数据存储系统集成这三个层面。

(一)新型数据存储介质的研发

数据存储介质属于硬件技术,其发展是以新型数据存储器件为牵引,带动整个系统高效、节能、可靠。其中,新型数据存储材料,如纳米、光电传感器等尤为重要。数据存储介质的研发需要长期不懈的努力,还需要材料、化学等学科人员的共同参与、协作。

数据存储介质的基本概念为:凡是仅有两种稳定的物理状态,能方便地检测出处于哪种稳定状态,两种稳定状态又容易相互转换的物质或元器件,都可以用来存储二进制代码“0”和“1”,这样的物质或元器件被称为存储介质或记录介质。存储介质不同,存储信息的机理也不同。信息存储技术在近几年的发展非常迅速,各种新产品、新技术层出不穷,但从总体上看,它们呈现出一种类似金字塔的结构,其中塔尖为CPU,距离CPU越近则存储速度越快,每兆字节的存储成本越昂贵,容量也越小;反之,则存储速度越慢,每兆字节的存储成本越低,容量也越大。

数据存储介质研发动态可以按照纳米存储介质、光学数据存储介质、半导体芯片存储介质、磁电随机存储介质及生物技术存储介质来划分,简述如下:

1. 纳米存储介质

美国宾夕法尼亚大学研究人员已开发出一种

新型纳米器件,能存储10万年的电脑数据,检索数据的速度比现有的快1000倍,而且比目前的内存技术更省电、存储空间更小。

该校材料科学与工程系副教授阿格瓦尔及同事采用自组装工艺,用纳米金属催化剂作为媒介,使化学反应剂在低温下结晶,自发形成了直径为30~50纳米、长度为10微米的纳米线。这种纳米线是一种能在非晶和晶体结构间实现开关功能的相变材料,是对电脑内存进行读写的关键。研究人员对最后定型的纳米线进行了测量,测量数据包括“写”电流幅值、在非晶和晶相之间开关的速度、长期稳定性以及数据保留的时间。测试结果显示,数据编码的功耗极低,数据写、擦除和检索的时间仅为50纳秒,比普通闪存快1000倍。而且这个器件甚至用上10万年也不会丢失数据,这就为实现万亿位的非易失性内存密度提供了可能。对非易失性内存应用来说,在电流感应相变系统中,原子级的纳米器件也许是最终的尺寸极限。

相变内存技术相比于闪存等其他内存技术具有读写快、稳定性高、构建简单的特点。通过常规光刻技术,在不破坏有效性能的情况下就能降低相变材料的尺寸。这种新型内存对消费者共享信息、传输数据甚至下载娱乐资料的方式将产生革命性的影响,消费者将能获取和存储“海量”的数据。

2. 光学数据存储介质

随着光学技术、激光技术、微电子技术、材料科学、细微加工技术、计算机与自动控制技术的发展,光存储技术在记录密度、容量、数据传输率、寻址时间等关键技术上将有巨大的发展潜力。光盘存储在功能多样化、操作智能化方面都会有显著的进展。随着光量子数据存储技术、三维体存储技术、近场光学技术、光学集成技术的发展,光存储技术必将成为存储产业中的支柱技术之一。

光存储发展的关键技术有:

(1)高密、高效、高速的母盘刻录技术:采用短波激光和大数值孔径的物镜,可使道间距减小,比特长度减小,从而可提高光盘的刻录密度;采用脉宽调制,可显著提高记录效率。

(2)DVD单面盘的精密注塑及双盘的封装技术:将DVD母盘、模板生产线挑选出的合格模板,用精密注塑机注塑成形,制得的DVD半成品经适当

冷却,送入溅射室,根据不同要求,分别溅射金或铅,然后进行粘合剂旋涂、封装、紫外光固化、在线检测、商标印刷等,制成 DVD 只读光盘。

(3) 光盘记录介质: DVD-RAM 光盘是否稳定可靠,记录介质是关键,而材料设计能否满足高速存储的要求,又取决于记录介质能否在两个稳定态之间实现快速可逆相变。国内外传统相变介质材料设计都是基于激光的热效应,信息写入用液相快淬实现;信息的擦除用晶核形成、晶粒长大来完成。由于热效应是能量积累过程,写入一个比特需较长时间,约几十纳秒,而且介质在经历几十万次的写/擦循环后会出现信噪比下降的热疲劳。

随着记录激光采用短波长,激光的热效应逐渐减弱,而激光光子的激发作用变得突出;所以,新的材料设计基于激光的光效应。对半导体类型介质来讲,写入一个比特只要几十皮秒,使记录速率获得数量级的提高。这种基于非线性光学双稳态变化效应的记录介质称为光双稳态记录介质,既可以是无机材料,也可以是有机材料,或无机—有机复合材料。

(4) 三维光存储技术:一种新型的波导多层存储器(WMM)由多层平面光波导叠合构成,利用波导缺陷记录数据,通过缺陷的光散射效应读出数据,并利用波导对光的空间约束作用实现层选址。制作了 10 层 WMM 模型器件,并给出了数据读出原理性实验结果。结果表明:WMM 的层内信噪比大,层间信号串扰小,是一种很有潜力的三维光存储技术。

3. 半导体芯片存储介质

目前传统硬盘、固态硬盘及其他存储介质可以存储相当大量的数据,可以保存数据几十年,但是对数据敏感用户来说,存储容量并不是优先考虑的内容,存储介质的寿命和可靠性才是最大的问题。

据《日经新闻》报道,由黑田东彦教授领导,日本庆应义塾大学和京都大学及夏普公司组成的工作组,正在开发一种由半导体芯片作为存储介质,用无线通信技术来读取数据的存储解决方案,该方案可保存数据达 1000 年。据报道,在原型机上这种新存储介质的数据传输速度相当迅速,2 小时的视频文件几乎在一瞬间传递完毕。研究人员称,将在 2018 年左右拿出实际存储设备样品,目前不公开原型设备。

4. 磁电随机存储介质

铁电随机存储器(Ferroelectric RAM, FeRAM),是 20 世纪 80 年代后期开始研发的。这种存储器是用铁电介质的两种不同极化状态来表示“0”和“1”。由于铁电介质的极化可以用很小的外界电压,以很迅速的方式加以控制,因此铁电随机存储器的能耗很小,读写速度则很快,从理论上讲甚至可以接近内存的速度,这两项都明显胜过今天的硬盘和闪存而所允许的重复写入次数则远远高于闪存。

磁阻随机存储器(Magnetoresistive RAM, MRAM)的研发始于 20 世纪 90 年代,所利用的是一种被称为“隧道磁阻”(tunnel magnetoresistance)的量子效应。这种量子效应发生在被一个绝缘薄层分割开的两个磁化层之间,使得电子能在两个磁化层之间穿越,且相应的电阻取决于两个磁化层的相对磁化方向(方向相同时电阻较小)。利用这种效应,可以通过控制两个磁化层的相对磁化方向来产生两种不同的电阻状态,以表示“0”和“1”。磁阻随机存储器的读写速度之高,不仅在铁电随机存储器之上,甚至超过了普通的内存。这种惊人的速度优势,有可能代替所谓的高速缓存(cache)。此外,其重复写入次数也很高。在能耗方面虽不出众,但也比闪存强,尤其是写入能耗比闪存低。

铁电随机存储器和磁阻随机存储器有一个共同的问题,那就是存储密度远低于硬盘和闪存,从而难以做大。目前两者所能达到的最大容量都比闪存小了四个数量级左右。

相变存储器(Phase Change Memory, PCM 或 PCRAM)。相变存储器也是用两种不同的电阻状态来表示“0”和“1”,所不同的是这两种电阻状态是来自于特定介质,比如硫系玻璃(Chalcogenide Glass)的两个不同的相:晶体相和无定形(非晶体)相。相变存储器具有比硬盘和闪存高得多的读写速度,也具有很高的重复写入次数,并且在理论上可以有极高的存储密度(虽然目前实际制成的最大容量仍比闪存小两个数量级左右)。不过,相变存储器也有一些问题,其中最大的问题是对温度太敏感,这是可以预期的,因为相变是一种对温度很敏感的物理过程。此外,相变存储器的能耗较高,而且在无定形相下的电阻会随时间缓慢增加,从而有可能破坏数据的长期稳定。

与上面这些新技术相似的技术还有很多,比如电阻式随机存储器(Resistive RAM,RRAM)、纳米存储器(Nano-RAM,NRAM)、可编程金属化单元(Programmable Metallization Cell,RMC)、千足虫存储器(Millipede Memory)等,之所以说它们相似,是因为看上去虽然五花八门,但信息存储单元基本上都是平面式分布的。

近年来,美国IBM公司在研发一种三维的存储器,称为赛道存储器(Racetrack Memory)。其工作原理是通过像赛道一样的电路将存储信息的磁性单元“滑行”到读写探头附近进行读写。这种设想有别于其他技术的地方就在于“赛道”不仅可以在平面上布置,而且可以像建高楼一样往“空中”延伸,从而获得比硬盘、闪存以及所有那些其他新技术更高的存储密度。赛道存储器由于要将信息“滑到”探头附近才能读写,因此在速度上要逊色于前面提到的那几种新技术,只与今天使用的硬盘和闪存相当。当然,赛道存储器的速度瓶颈未必是不可突破的。

5. 生物技术存储介质

由日本庆应义塾大学尖端生命科学研究所和该大学湘南藤泽校区(SFC)等组成的研究小组宣布,成功开发出了使用细菌等菌类作为数据的长期存储介质的新技术。具体来说,就是在记录由DNA序列(由A、T、G、C四个字母组成)构成的遗传信息的基因组中,插入人工DNA序列来保存数据。由于细菌非常小,而且可世代传递遗传信息,因此与CD-ROM、闪存及硬盘等电磁存储介质相比,能够实现体积小、容量大且可长期保存数据的介质。

此前在使用细菌研发存储介质时,存在随着世代更替DNA序列会缓慢变化而导致的相应存储数据被改变的难题,而此次则有希望解决这一课题。该研究小组在枯草杆菌基因组的多个位点处插入数个通过信息转换合成的相同DNA序列。读取保存好的数据时,可从细菌基因组的所有DNA序列中提取相同的DNA序列。这样一来,即使记录的信息受到部分损坏,也可通过剩余的其他复制序列来恢复原来的正确信息。该研究小组将爱因斯坦相对论方程式保存到了枯草杆菌中,经计算机模拟确认,可将数据保存几百年至几千年。

该研究小组的成员为庆应义塾大学尖端生命科学研究所所长富田胜、人类代谢产物科技生物医

学负责人大桥由明,还有以庆应义塾大学政策及媒体研究系硕士生2年级学生谷内江望为首的SFC学生。该成果已在美国化学学会(American Chemical Society)发行的学术杂志“*Biotechnology Progress*”电子版上发表。

(二)先进数据存储管理软件的开发

目前国内数据存储产业里,在硬件层面上的投入较多,用于组装、定制用户所需的数据存储系统。但在软件层面上投入很少。而数据存储管理软件却是效率较高的投入行业,应该加大对这个层次的关注。

一般将数据存储管理软件定义为7个主要类别:数据备份与恢复、归档软件、复制软件、存储管理软件、存储设备管理软件、存储基础架构软件、文件系统软件,其功能与研发前景简述如下。

1. 数据备份与恢复

数据备份与恢复软件是对数据进行保护并在发生物理或逻辑错误时进行恢复的软件。在存储软件市场,数据备份与恢复是占市场份额最大,也是最成熟的存储软件子市场。企业对备份软件的采用度已经比较高,因此,其未来发展趋势主要集中于向解决方案中增加扩展的新功能来提高原有产品的效率和使用体验。例如,在已经采用备份软件的基础上,客户会购买更多监控和汇报类工具,重复数据删除功能也将大受欢迎。由于面临保证数据可用性和可恢复性的压力,企业会乐于实施与数据备份相关的监控和汇报工具软件,来为所有的数据保护功能包括备份、快照以及复制等提供单一的实现平台。

在数据备份与恢复这类相对成熟的市场,新的产品使用模式和技术架构也会不断带来变革。例如,有分支机构的企业会选择采用在线存储服务去扩大或代替现有系统从而控制成本。随着虚拟化的逐渐普及,整合服务器虚拟化的技术所进行的创新会推动围绕虚拟化架构的备份软件市场发展。

2. 归档软件

归档软件是根据IT系统策略对整体数据进行保护的软件。归档的典型功能就是根据规范,遵守流程以及商业需求,对特殊记录进行永久的保存。首先必须区分并且归类信息,然后基于数据内容、商务规则以及信息技术标准对这些信息实施保护

策略。最终,自动执行已经实施的策略,从而减少管理存储环境的成本。

推动归档软件发展的主要因素是一些大趋势,比如非结构数据类型的持续膨胀、分层存储增多、物理和磁带归档大量转移到数字归档等。归档将不仅仅局限于规范以及法律的需求,并且主动的、在线的数据归档将不断用于知识管理。通过各种形式和目的的数据挖掘,归档会变得更具有竞争力。用于归档的内容源会从电子邮件系统扩展到文件系统、应用程序、数据库并且最终是整个数据系统。

3. 复制软件

复制软件通过克隆、镜像及快照等技术手段实现文件级别或卷级别的数据复制。复制软件在灾难备份方案中扮演重要角色,会对未来几年的市场带来持续的增长推动力。但由于受到云存储和存储服务的影响,客户对复制软件的需求会减少,同样,对一些使用传统的备份或归档软件来实现数据转移的需求也会因此而减少。

4. 存储管理软件

存储管理软件实现标准化和自动化异构存储平台管理、存储配置管理、存储操作管理和存储设备的性能管理。存储管理软件发展市场的增长主要归功于大部分商务公司开始向数据处理的规范化靠拢,这就涉及到存储管理软件自身的构成和分类问题。

20世纪能够被划进存储范围的软件都还只是简单的从磁盘到磁带的备份软件,而今天,存储管理软件发展成为一个健壮市场,不仅如此,随着存储管理软件发展,最终也将主导整个存储产业的发展,这样的趋势已经在一些领域成为现实。

尽管在存储管理软件发展中从功能到架构,已经超越硬件,成为存储产业的价值所在,但是其独立性还远远不够,至少商业操作上的独立性还远远不够,还必须依靠与硬件集成为一体的解决方案,由存储巨头以直销方式交到用户手中,而且还伴随着大量的服务咨询费用。

5. 存储设备管理软件

存储设备管理软件为特定存储硬件提供设备发现、配置和管理,包括系统功能列表、端口管理、级别管理、注册管理以及日志审计。

鉴于存储系统是一个综合系统,包括存储基础

网络的硬件和支撑软件,也包括存储设备、用于管理存储设备的服务器及存储管理软件等部分。因此今后的存储系统在整体上将变得更加统一、协调,但在体系结构上严格的分层隔离。存储应用系统将只关注于应用层的逻辑实体,运行在由系统层和物理层提供的平台上,而不必关心底层物理设备的具体实现方式。同理,在虚拟化技术的支持下,系统层也只关注于相应的虚拟实体(系统对象模型),通过更低层的设备支撑管理软件对物理层的设备、网络进行监控和配置,管理设备的变更,收集系统运行信息并进行综合统计,实时调整和优化系统。而底层的物理设备与设备支撑管理软件也应该以一种“即插即用”的方式嵌入到系统层中来实现它的功能。

6. 存储基础架构软件

存储基础架构软件以存储虚拟化为主要功能,包括存储虚拟化、卷管理和存储路径管理,该市场会由于服务器虚拟化技术的广泛应用而得到积极推动。在追求最佳的资产利用率和节约管理支出时,虚拟化是一个整合资源、获得更高利用率、降低管理复杂度的很好途径。虚拟化也可以帮助企业降低数据迁移风险,减少迁移时间,从而使存储资源在其整个生命周期中的利用率被大大提高。

在计算端,服务器虚拟化为云存储基础架构服务提供了一个合适的基础架构,因为它允许计算资源被有效地划分,快速地分配,增加或者减少,或者当需求变化的时候重新分配。一组迅速成熟的管理服务也提供快速、灵活和更多的可用性。

7. 文件系统软件

文件系统软件工作在操作系统一级,按照文件、文件夹、目录的方式对数据进行存取,可实现集群与故障恢复、自动管理、备份与优化以及基于浏览器的远程管理等。利用对磁盘和数据的管理能力,能给企业的系统提供尽可能高的性能、可用性及可管理性。

文件系统软件除了文件系统管理之外,还能让管理员去控制文件的部分属性,进行更深入的数据控制。

可以预计,未来几年以存储管理软件为代表的各类存储软件和新技术都会在数据中心得到更加广泛和积极的应用。存储管理软件技术的发展除了

要在技术本身(如先进性、可用性、稳定性和安全性)上面下工夫外,还要在用户友好、易用、便于扩展和充满灵活性等多个方面下工夫。

(三) 高端数据存储系统结构应用

大规模存储系统应能适应数据的海量存储和不断增长,同时应能够满足网络环境复杂性和可扩展性的不断提高,应该提供在高稳定性和高可靠性下的快速存储访问,还应当提供完整的容错备份功能。

目前在实际应用中存在着三种大规模存储系统结构: DAS、NAS 和 SAN,各自满足了不同的应用需求,但又难免带有各自的缺欠。随着围绕数字化、网络化开展的各种多媒体处理业务的不断增加,存储系统网络平台已经成为一个核心平台,同时各种应用对平台的要求也越来越高,不光是在存储容量上,还包括数据访问性能、数据传输性能、数据管理能力、存储扩展能力等多个方面。为达到这些要求,一种新兴的技术正越来越受到大家的关注,即虚拟存储技术,具体实现如云数据存储。

虚拟存储技术的刚刚兴起,使得中国现在可以与其他国家站在同一起跑线,有了加快发展的机会。目前实现虚拟存储主要分为如下几种方式。

1. 服务器端的虚拟存储

服务器厂商会在服务器端实施虚拟存储,存储软件厂商也会在服务器平台上实施虚拟存储。这些虚拟存储的实施都是通过服务器端将镜像映射到外围存储设备上,除了分配数据外,对外围存储设备没有任何控制。服务器端一般是通过逻辑卷管理来实现虚拟存储技术,逻辑卷管理为从物理存储映射到逻辑上的卷提供了一个虚拟层。服务器只需要处理逻辑卷,而不用管理存储设备的物理参数,用这种方式构建虚拟存储系统,在服务器端有可能产生性能瓶颈。

2. 存储子系统端虚拟存储

另一种实施虚拟的地方是存储设备本身。这种虚拟存储一般是存储设备厂商实施的,但是很可能使用厂商独家的存储产品。为避免不兼容性,厂商也许会和服务器、软件或网络厂商进行合作。当虚拟存储实施在设备端时,逻辑(虚拟)环境和物理设备同在一个控制范围中,这样做的益处在于可以令虚拟磁盘高度有效地使用磁盘容量和磁带介质。

在存储子系统端的虚拟存储设备主要通过大规模的 RAID 子系统和多个 I/O 通道连接到服务器上,智能控制器提供 LUN 访问控制、缓存和其他如数据复制等的管理功能。这种方式的优点在于存储设备管理员对设备有完全的控制权,而且通过与服务器系统分开,可以将存储的管理与多种服务器操作系统隔离,并且可以很容易地调整硬件参数。

3. 网络设备端虚拟存储

网络厂商会在网络设备端实施虚拟存储,通过网络将逻辑镜像映射到外围存储设备,除了分配数据外,对外围存储设备没有任何控制。在网络端实施虚拟存储具有其合理性,因为实施既不是在服务器端,也不是在存储设备端,而是介于两个环境之间,可能是最“开放”的虚拟实施环境,最有可能支持任何的服务器、操作系统、应用和存储设备。

从目前的虚拟存储技术和产品的实际情况来看,基于服务器和基于存储设备的方法对于初期的采用者来说魅力最大,因为不需要任何附加硬件,但对于异构存储系统和操作系统而言,系统的运行效果并不是很好。基于网络设备的方法处于两者之间,回避了一些安全性问题,存储虚拟化的功能较强,能减轻单一主机的负载,同时可获得很好的可扩充性。

不管采用何种虚拟存储技术,其目的都是为了提供一个高性能、安全、稳定、可靠、可扩展的存储网络平台。根据综合的性能价格比来说,一般情况下,在基于服务器和基于存储设备的虚拟存储技术能够保证系统的数据处理能力要求时,可以优先考虑。因为这两种虚拟存储技术构架方便,管理简单,维护容易,产品相对成熟,性能价格比高。在单纯的基于存储设备的虚拟存储技术无法保证存储系统性能要求的情况下,可以考虑采用基于网络设备的虚拟存储技术。

总而言之,中国数据存储产业需要全方位突破,要在上述每一个层面都踏踏实实地加以推进,同时也需要整合其他领域的相关资源。

五、实施建议

1. 鉴于当前数据存储关键技术为国外垄断,可考虑引入国外专家讲坛的形式,邀请国外主要数据存储产品生产企业的高层次华人技术、管理人员介

绍成熟经验和动态,从而加大对现有数据存储技术的追踪、消化、超越的推进力度。

2. 对有关数据存储技术、产业的重大投资项目建立全球(不仅是国内)的行业专家评估机制,确保评估过程专业、透明、独立。一定要考虑引进海外专家组进行专项评估,这也是硅谷每个创业公司申请风险投资的成熟经验和必经之路。

3. 建立“官、产、学、研”联盟的数据存储研发体系,整合海内外资源,多倾听企业界人士的见解,集中所有切实可行的力量,放眼长期效益。据美国

IBM 公司历经百余年在信息技术及数据存储领域的领先经验,唯有提前预研,抢占先机,提高效率,方能在突破口处扩大战果,为长期处于领先水平奠定基础。

投入研发新型存储技术必将对整体信息技术产业产生极其深远的影响,其波及范围将从计算机语言、操作系统、应用数据库,跨越云计算、虚拟技术,到技术服务科学、工程与管理,从而为国家多项支柱产业做出贡献。■

Present Situation and Development of Global Data Storage Industry

DONG Jianlong

(The Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China, Beijing 100862)

Abstract: Global data storage industry is brewing the third change in technology, equipment and framework recently, providing excellent opportunity for Chinese data storage industry hoping the technology breakthrough. Chinese data storage industry needs to catch the opportunity of reconstruction of global data storage industry, propound new data storage technique, constructure and new methods, and explore innovative ways to technique, system and architecture of new data storage. The trend focuses on data storage medium, data storage software and system integration of data storage.

Key words: information technology, data storage industry, data storage medium, data storage software, data storage system