



驾驭自然： 人类探索和认识自然之道

第 1 章

■ 驾驭自然： 人类探索和认识自然之道

当21世纪开始的时候，人类正在上演着科学和技术上一些不久以前还被认为是不可思议的东西。这些堪称奇迹的表演，似乎只能是完完全全的魔术：巨大的喷气式飞机在距离地面7英里的高空呼啸而过；通过无线电、电视和卫星传播图像和声音；治愈历史上一直危害人类的多种疾病。

但这远没有达到人类的期望！当第三个千年展现的时候，人类可望控制物质，改造星球，依据激光和反物质原理开发新能源，发现和掌握最基本的宇宙物理定律，比如电磁场和原子方面的基础定律。整个21世纪，我们将在根本上重新定义人类与自然界的联系，我将这些活动总称为“驾驭自然”，这是一种力量。这种力量与其他章节描述的动力一起作用，会给人类带来巨大利益，造就空前的繁荣以及人类的健康长寿。

最终，人类在驾驭自然方面的进步将产生更大的壮举——活化宇宙，人类的智慧和意识将首先传遍整个地球，然后逐渐传遍整个宇宙。人类将人性注满宇宙，将有序带给混沌，将美丽带给荒芜，将活力带给孤寂。

驾驭地球将为人类活化其他星球做好准备。在考察其

他星球的地貌和气候发展之前，我们必须首先在地球上开发这些技术。为了在天体上发射火箭并能实现星际漫游，我们必须开发出更复杂、更强大的能源，包括核聚变和太阳能。此外，驾驭自然还会帮助人类获得活化宇宙所必需的、极为丰富的物质基础，并具备充分的活化能力，就如同“大人国”（Brobdingnagian，取自英国作家斯威夫特的幻想小说《格列佛游记》的第二部分《大人国游记》。——译者注）里的行动。如果没有足够的物质基础，人类就无法启动宇宙的活力。幸运的是，人类已经迅速掌握了工业和农业的技艺与技术，使得我们能够消除稀缺，创造全球物质的极大丰富。

● 巨产业时代：驾驭自然的顶点

在我定义的巨产业时代中，人类将实现驾驭自然的目标，这个时代构成了社会发展的分水岭。在某种意义上说，这个时代类似于历史上其他一些特殊时刻，人类在这些时刻突然“点燃了智慧的火种”，掀起了发明与创造的狂潮。大约公元前3500年，居住在古老的美索不达米亚平原幼发拉底河地区（现伊拉克境内）的苏美尔人出人意料地经历了技术创新的大爆炸。在几个月或更短的时间内，苏美尔人发明了轮子运输、冶金术、海船、旋转烤炉制陶技术，甚至还有最为重要的发明：书写。^[1]在文艺复兴时代，人类似乎再次从催眠中醒来，转而开始了另一次空前的创造活

动。人类在15~16世纪的艺术创作不论是在美学上，还是在原创性上，都无法与蒂希安（Titian）、达·芬奇、米开朗基罗的作品相媲美。在此期间，人类还发现并殖民化了新大陆，并搭建起现代科学的框架。

当纪元进入第三个千年时，人类走到了自己历史的转折点：科学和技术进步必将发展到一种“临界状态”，使人类为了实现其继续发展而必须在宇宙中扮演重要的角色。在讨论上述科技进步如何促使人类驾驭自然之前，我首先解释一下为什么把将要到来的时代称为巨产业时代。

巨产业时代的“巨”是指任何以巨大的规模或数量存在的物质或状态，这当然是就人类在一定时期内扩展自己多方面能力而言的。人类将建造可容纳几十万居民、具有整个城市功能的巨大而高耸的摩天大楼；开发宇宙空间；以超音速实现在城市和大陆之间的旅行；使人类寿命延长几十年甚至上百年。“产业”指在这个时代内人类活动的主旨是有形物质的生产，如能源、消费品、新的运输方式和交通工具。

我特别将“产业”一词包含在内是为了把我的未来观与现在普遍流行的、“我们正在进入‘信息时代’”的观念相对照。这些观念是阿尔文·托夫勒^[2]（Alvin Toffler）、约翰·奈斯比特^[3]（John Naisbitt）以及其他一些人在20世纪最后10年里所倡导的。“信息时代”观念的倡导者们宣称，人类努力的主要目标将是信息的生产、消费和传播。与此相反，我认为在正在来临的新时代，人类的基本活动是在

包括运输、健康和能源等各个领域的物质财富（商品、物品和服务）的生产。当然，“信息革命”在巨产业时代将扮演重要的角色。比如，计算机和信息技术的创新将提高科学家、研究人员和公众取得突破、发明新产品的能力，这些在新时代将加速人类的进步。

几个概括性的特征将新生的巨产业时代与人类以前的各发展时代区分开来。第一，这个时代人类将在 6 个独立的维度上扩展其驾驭自然的能力。这 6 个维度是时间、空间、数量、质量、规模和范围，在后面我会对这些维度进行解释。第二，这个时代是真正的“全球”时代，地球上的各个国家和民族都将为共同的使命做出贡献。第三，人类最终将获得对自然的控制力，以致于人类可以直接演绎宇宙和自身的演化。换句话说，人类在这个时代将能够驾驭自然。

■ 巨产业时代的维度

为清楚起见，我在 20 世纪 90 年代中期出版的《抓住未来》（*seizing the future*）一书中介绍这个概念时，提出了巨产业时代人类活动将在 6 个独立的维度上扩展其影响力。^[4]

第一个维度是时间维。虽然以前我们没有发现如何让一天延长几个小时，或让一年延长几个月的方法，但在新时代里，我们肯定能在有限的时间内实现更多的目标、完成更多的任务。通过基因工程和其他医学奇迹可以延长人

类寿命，每个人将有更多的时间来完成他（她）们对社会贡献的使命。超高速运输方式如磁悬浮列车（运行时速达250英里/小时或更高）的启用将使人类减少旅途时间，而有更多的时间投身于完成其工作目标，完成同样任务的时间也会减少。不久，机器人将用于从事家务性劳动，如做汉堡的机械手或医院的勤杂工。人类将被解放出来，把时间用在更重要的工作上。计算机在科研和生产上的广泛应用将会节约人类的时间。

巨产业时代的另一个重要变化是人类对地球内外物理空间的控制力的增强。在21世纪乃至下一个千年，人类将更多地探索宇宙，将往返于月球与地球之间并最终在火星定居。国际空间站预示着在这一领域里俄罗斯、美国和其他一些国家将要加强合作。人类将开始征服地表以下的空间。比如，日本计划建造包括住房、办公楼和发电厂的地下城市。海面平台、人工岛和附着在海底山峰上的建筑等更大规模的水下开发也将逐步变成现实。人类很快将控制物质本身的内部空间。我们在发展一种新科学——纳米技术。在纳米世界里我们能够真正地使用原子来便宜又简单地制造我们所期望的任何物质，比如宇宙飞船、房子甚至新皮肤。^[5]

巨产业时代人类要掌握的下一个维度是数量维。人类将使用新奇的技术生产出丰富的食品和各种产品，彻底消除稀缺和贫困。制造业的惊人发展和新能源的产生将使地球上的几十亿人过上更为优越的生活。机器人、计算机和

即将出现的“电子工厂”将使得人类能够生产更多的商品。在本章后面将会谈到，人类将通过诸如核聚变、高级太阳能装置和无污染混合燃料电池等新技术在驾驭能源方面取得更大的成就，而这将极大地提高人类生产食品、建造住房和加工其他商品的能力。

人类同样要开发用以生产高质量产品和服务的新技术。研究人员将使用生物技术生产更有营养的食品，如转基因西红柿（Calgene tomato）。巨工程学和材料科学领域的新发现将使我们能够定制由智能材料制成的高性能产品，这些产品具有超强的耐用性，甚至能够适应环境温度的变化。受过良好教育和具有良好技能的人类将很容易掌握质量维。信息传播途径的改善，如国际互联网和光驱的应用，将使所有的人都更加容易地对发明和创新进程做出贡献。不久，每个人都可以成为科学家、发明家，甚至是善于想像的“天才科学家”，为科学贡献他们的思想和见解。

巨产业时代也将见证生产和消费在全球范围的扩张，不再仅仅是西半球和北半球的人民可以享受丰富的物质生活。随着生产和消费在全球的扩张，发展中国家的人民将以生产者、工人和消费者的身份参与到全球经济当中。21世纪，印度、巴西、中国和印度尼西亚等国家的人口增长将构成世界人口持续增长的部分。这些新兴国家的居民将迅速掌握生物、物理、计算机科学等人类驾驭地球所必需的科学技术。他们将在世界市场上出售这些技能，与其他国家的人民交换商品，并且愈发有能力宣称他们应该参与

世界的发展。作为这一进程的部分结果，我们已经看到了一个在东南亚和部分南美洲地区迅速扩张的中产阶级群体。

在这个新时代里，人类将从根本上重新定义规模这个概念，项目和建筑的尺度巨大到不可思议的程度。1.3英里高、超凡华丽的休斯顿塔，210层、2500英尺高的芝加哥世界贸易中心都意味着除了向上以外我们将无处可去；各种式样的猛犸象式的建筑是这个时代的典型象征；日本和摩纳哥在海洋和湖泊里建造人工岛屿，这些岛可以供大量的居民居住；中国人在长江上建起了三峡大坝，这是地球表面最大规模的工程项目；为了使货船和客船能够从太平洋向中国内陆深入1500英里，中国正实实在在地改变着地球。^[6]

■ 即将来临的物质大丰富时代

人类驾驭地球和自然的努力会带来非常有益的“副产品”，就是食物、商品、能源和制成品的极大丰富。结束全球范围的短缺将是人类历史上里程碑式的事件。在巨产业时代，我们将重新定义“好日子”。更重要的是，财富和创造财富的技术与知识的迅速散播，反过来能使全人类都参与到驾驭自然的进程中来。

在农业领域，生物技术和基因工程上的突破将真正带给人类丰富的新型农产品。这些新产品抗病毒、抗霜冻、抗病虫害感染而且易储藏。细胞工厂和植物组织技术使得蔬菜和水果能够在人工环境里获得较高的产量。营养液培

育的植物将在无土壤里生长。这些成就都将为地球上数十亿的居民提供商品和食物，人类历史上将首次实现全球人口都吃好、穿好、住好。人口规模可以变得很大，或许可以承载400~500亿人甚至更多。

美国企业将是应用遗传技术增加国家和世界食品储备的排头兵。美国农业部十分重视这一点，并计划资助这种类型的公司。1999年美国农业部宣布将在康奈尔大学设立国家基因研究中心。美国农业部农业研究服务副主任朱迪·圣·约翰（Judy St. John）说，“在全美国和全世界范围内进行的寻找谷物作物如玉米、小麦、大米和家庭作物包括马铃薯、西红柿和辣椒的全部基因的研究项目都将得到农业部基金中心的资助。”^[7]中心产生的信息将有助于更好地进行食品生产。一旦科学家能够鉴别基因的功用，他们就能够通过实验确定是否可以把基因按某种更有效的方式重组。比如，如果我们找到有抗病性的基因，就可以简单地将它植入缺少这些抗体的植物体内。用更少的化学药剂就可以增强作物的抗病力，这对切实保护环境会有无限助益。

人类驾驭自然的努力可以帮助人类实现物质极大丰富的一个令人惊叹的例子是在农业领域里创造出所谓“超级树”。国际纸业（International Paper）、西威科（Westvaco）等公司正在利用基因工程创造这种树。“超级树”强壮、抗病，可以在任何地方，甚至是荒原生长。这种树生长迅速，不到10年就会长到100英尺高。生物技术学家正在试图分离

并控制基因，以确保这种树使能够生产林产品，如纸张等。这个例子是人类活化地球自身这一进程的坚实的可靠的证明。这种超级树实际上完全是人造产品，我们不仅仅是在复制自然，而且是在把人类的智慧和创造力注入地球生物圈。创造出这种超级树的是人类的意识，而不是自然界！^[8]

研究大自然的秘密和改造星球的努力使我们能够在世界人口不断增加的前提下极大地提高人类的生活标准。进入21世纪的时候，人类的物质生活水准较30年前有了极大的提高。最近一家报纸的专栏文章讨论了随着新千年一起来临的新世纪的世界状况，作者指出：“事实证明几乎每一个人的情况都变得更好。”^[9]从个人状况到经济状况的各项指标都在改善，即使发展中国家也是如此，婴儿死亡率、寿命预期、识字率和人均热量摄入等指标都在改善。

作者继续写到，“人均食品产量在持续上升，而价格却在下降”。^[10]这种“人类能够养活自己”的乐观主义观点得到了总部在巴黎的国际农业生产者联盟（International Federation of Agriculture Producers）的肯定。即使是在1999年10月中旬联合国60亿人口钟声敲响的时候，“联盟”依旧在断言，谷物生产达到了前所未有的丰富和便宜的水平。食品工业专家称，技术在世界范围内的快速扩张将确保食品生产大步先行。而且，报告接着指出，像哈萨克斯坦和中国等国家具有巨大的食品增长潜能，当这些国家的潜能被激发出来的时候，人类的食品供应状况就能够被改善。美国宣称食品生产的基因改进技术将有利于不发达国

家的农民，因为利用这种技术培育的作物能够抗害虫、抗病和抗旱。^[11]

人类对科学研究的不断奉献和自觉采用新技术的意愿将确保这个物质超丰富的时代得以延续。

■ 技术发展能自行解决问题

人类关于“超级树”的发明阐释了最不易被察觉的、发生在巨产业时代的超技术进步带来的利益：虽然经济、技术和工业增长偶尔也会产生一些问题，比如污染和某些自然资源供给的减少，但技术进步最终会解决其发展过程中产生的各种问题。人类文明的发展需要生产木材和纸张等产品，在这个过程中，用于生产木制产品的资源——树木暂时地减少了。但是足智多谋的人类，会尽可能快地寻找出这些商品的替代品。在树木这一问题上，人类能够通过基因工程技术生产出更大数量的木材。

实际上，经济增长和技术进步已经直接减缓了环境退化。研究表明，虽然发展中国家经济增长的早期会产生污染和废物，但一旦国家达到了真正繁荣，它就会支配资源用以清洁空气和水体。环境保护主义者大卫·哈斯歌特（David Hertsgaard）在他1999年的著作《地球的漫长历程》（*Earth Odyssey*）中谈到，最贫穷的城市而不是最繁荣的城市，往往就是污染最严重的城市。这些地方的居民买得起车，但没有财力为车子装配催化式排气净化器。世界银行的报告指出，如果一个国家的人均收入按1993年美元价值

计算达到4000美元时，人均污染水平就会下降。在这个收入水平上，国家将有能力支付购买清除煤烟排放技术和用以处理并消除多种污染物的污水处理系统的费用。^[12]虽然许多资源丰富的国家正在向使用清洁技术转化，如使用核技术，但是人们还是喜欢使用他们开采出来的丰富而便宜的资源——煤炭。我们可以预测，一旦这些国家更富裕后，他们将专门拨出资金用于治理大气污染。

油轮失事或其他意外事件会导致几百万加仑原油或其他化学物污染我们澄澈的湖泊和海洋。人们已经开始将新技术应用于这种污染的治理。“生物疗法”是一种新的治理方法，它利用微生物和细菌来做真正的“清扫员”，已广泛应用于清理从核废料到原油污染的所有领域。这类新的环保技术依据的观念就是微生物是“吃掉”工业污染的理想组织。美国微生物公司（U.S. Microbics）是专门经营这种日益流行的新技术的公司（这是一家上市公司，股票代码为BUGS）。这家公司在1999年宣布，他们的新工厂已经着手生产用于治理被碳氢化合物污染的土壤的混合微生物产品。他们将生物工艺和微生物用于处理包括柴油喷溅等造成的水体污染。据称这家公司“运用天然细菌混合制剂将有害的柴油污染转换为无害、对地球友好的化学副产品。”^[13]

更大的挑战是将“生物疗法”应用于核废料的处理。科学家们发现了一种名为D. Radiodurans的耐辐射细菌。这种自然怪物有很多特殊的能力，包括具有修复人类所有受损基因的空前能力。美国能源部认为，这种细菌在经过适

当的基因处理之后，能够帮助降解几千个因放射物而产生有毒物质的污染场的污染物。早期研究表明，D. Radiodurans已经能够成功降解这些受污染地点中普遍存在的有机毒物。^[14]“生物疗法”或许真的会成为这些令人头疼的核废料处理问题的最终解决办法。

正如前面提到的，人类的发展确实会产生一些不良的副产品。然而，也只有科学才能解决这些问题，并使人类取得更大的进步。在下一部分，读者们将看到我们赢得驾驭自然的力量后实现的巨大成就，包括驯服原子和控制天气。

● 驾驭微观世界：纳米技术展望

通过驾驭自然，人类将能够控制自然发展最基本的动态机制，人类试图控制原子的运行方式就是一个很好的事实。20世纪初期，在美国新墨西哥州洛斯阿拉莫斯为曼哈顿工程（Manhattan Project）工作的科学家们成功地分裂了原子。这项成就不仅导致了原子弹的产生，而且也打开了发展核能之门。核能现在在世界各地提供很大部分的电力供应。

当我们分裂原子并将它用于能源和国防时，还没实现对这个基本物质单元真正的控制。直到最近，原子的内部运动状态还被认为是不可预知的疯狂的涡流，超出人类的控制领域。现在，一种被称为“纳米技术”的新科学正在

发展，运用纳米技术人类有可能真正控制原子这个构成物质的最基本单位，引导原子的运行方式。从理论上讲，纳米技术使人类可以以一个个原子为单位生产各种物质和产品——服装、食品和人体器官。人类突然拥有了“生成”几乎所有物品的能力，一件工具，人类的肢体，或者是宇宙飞船。只要简单地选择出正确的原子，再通过纳米技术把原子组装成物体就行了。

如果人类能够成功地以此种方式制造物质，稀缺和贫穷将成为记忆中的过去。病毒尺度的纳米机（nanomachine）能把不同元素装满一个罐子，一个原子一个原子或一个分子一个分子地制造汽车，制造过程只是简单地把每个原子或分子安放到它们该放的地方。本·博瓦（Ben Bova）在他的《不朽的生命》（*Immortality*）一书中描述了这样一个过程：“制造一辆汽车就好像一大群看不见的妖怪在非常安静而快速地工作，而不是在嘈杂的工厂里。”从一大堆木炭灰或是普通的碳烟灰中，纳米机能够制造出汽车、飞机或是其他的物体。想像一下，在很短的时间内一辆具有很好的应力结构和钻石光泽的汽车就被制造了出来。纳米技术将使人类能够开发“智能机器”，这些机器是用高级材料制成的，可以适应环境的变化，而且非常耐用，能够经受住持久的空间旅行的压力。^[15]

埃德·里吉斯（Ed Regis）在《纳米》（*Nano*）卷（恰当的副标题是：重制世界——分子与分子的堆积（*Remaking the World - Molecule by Molecule*））中描述了这一过程可能

的工作方式。微小的、几乎看不见的、被称为纳米装配工（nanoassembler）的、敏捷的机器人打破分子元素间的化学键，比如说把草、水的分子键打破，然后再重新组装出新的分子元素，如氢、碳、氮等。^[16]施乐公司的研究员拉尔夫·默克（Ralph Merke）指出，这些勤奋的、不知疲倦的微型机器人能够根据设定的程序重新组合基本的制造单元，再组装出有更广泛用途的产品，如食品和家具。这些通用的装配工能够用它们的微型操作杆把分子像装配“乐高”积木一样粘接在一起。^[17]

纳米科学领域的著名专家埃里克·得雷克斯勒（K. Eric Drexler）认为，人们可以采用他称之为“演化”的方法来制造这样的纳米装配工。首先，工程师制造出目前技术条件下能够制造的最小的机器。然后，随着技术的发展，进一步减小这种机器的体积。这样不断制造出体积越来越小的装置，直到纳米尺度的复制机。因此，正如这个名字所暗示的，这种复制机只是原始样机的复制品。

纳米技术激起了许多个人和组织的研究热情，他们争先恐后地涌入这一研究领域。纳米技术的研究主要在美国、日本和英国的实验室、大学或公司里进行，主要的研究机构有麻省理工学院、斯坦福大学、康奈尔大学、密歇根大学、美国国家航空航天局、国际商用机器公司（IBM）、朗讯公司（贝尔实验室）（Lucent Technologies (Bell Labs)）、施乐公司（Xerox）、斯坦福国际研究中心（SRI International）以及其他科研机构。美国国家航空航天局正在研究

利用具有自我修复功能的金属制造宇宙飞船的计算机模型。作者最近了解到，美国军方正在认真地研究将纳米技术用于军事和工业领域的可能性。世界各国已经为纳米技术研究投入了巨资。^[18]日本政府通过通产省 (Ministry of International Trade and Industry, MITI) 向进行超微领域研究的公司进行投资。1998年，华盛顿大学在西雅图建立了纳米技术中心。控制原子需要背景各异的研究者通力合作。比如1998年，多伦多大学和 Energenius 公司宣布合作建立 Energenius 高级纳米技术中心 (Energenius Centre for Advanced Nanotechnology, ECAN)。ECAN 致力于为将来大力发展半导体纳米设备培养专门人才。中心与许多组织和单位就多项研究进行合作。参加合作研究的单位有加拿大国家研究委员会 (National Research Council of Canada)、康奈尔纳米装配中心 (Cornell Nanofabrication Center)、北卡罗来纳大学查珀尔希尔分校“纳米控制者计划”(Nanomanipulator Project) 等。1998年，德国政府宣布将要建立5个纳米技术研究中心。^[19]

我们能在多大程度上将这些概念引入到生活中来？科学已经迈出了纳米技术应用的第一步。1998年，国际商用机器公司的研究人员，用被称为扫描探测显微镜的设备，将35个氦原子排列在镍表面组成了他们公司的字母组合——IBM。为建造这个原子级的公司标志，扫描探测显微镜用拖动悬臂通过表面的办法使原子听从摆布。机器让原子静止足够长时间，以拼出 IBM 的名字。科学家们向我们

展示了可以通过对个体原子施加控制力以达到创造新物体的目的。莱斯大学纳米科学与技术中心主任，化学家里克·斯莫里 (Rick Smalley)，因发现名为“fullerene”，也叫“buckyballs”的碳分子而获得1996年诺贝尔奖。他预言，纳米技术最终将使我们能够利用我们的手指尖，或我们自己的身体，触及原子、分子或者酶，并切实地将它们从一个地方搬到另一个地方。而且，我们在超微领域的精度会逐年提高。“fullerene”已经被用于建造纳米管，这是一个末端开放或封闭的圆柱体。建成后，美国国家航空航天局的计算机仿真预测系统将像实际装备一样进行操作。1996年，国际商用机器公司在苏黎世的一个物理学家小组建造了一个纳米算盘，这个原始计量工具的每一个算盘珠都是一个碳分子^[20]。

最近《新闻周刊》(Newsweek)上的一则新闻宣称，“纳米世界可以实现普罗米修斯的承诺——以低廉的成本向社会提供任何人想要的任何东西。”^[21]文章说，这个情形总有一天会变为现实：500层的摩天大楼是由金刚石而不是钢铁建造而成、油漆会变色、具有惊人威力的微处理器、有钛的强度却只有塑料重量的宇宙飞船、能在我们的血管里杀死癌细胞和病毒的医用机器人。国家航空航天局正在研究用于制造宇宙飞船的、计算机模型控制的自我修复金属^[22]。

为建成这座小组成员们提出来的、被我称为“扩展先锋”(Expansionary Vanguard)的物理学丰碑，人类需要投入更多的精力和得到更多的鼓励。许多人正在“目前科学界