

科学前沿与未来

KEXUE QIANYAN YU WEILAI

香山科学会议 主编

第七集

THE
FRONTIER
AND
FUTURE OF
SCIENCE

N11
X262-7

科学前沿与未来

KEXUE QIANYAN YU WEILAI

第七集

香山科学会议 主编

THE
AND FRONTIER
FUTURE
OF
SCIENCE

QAK31/0x

10

913105

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

科学前沿与未来.第7集/香山科学会议主编.-北京:中国环境科学出版社,
2003.10

ISBN 7-80163-763-1

I. 科… II. 香… III. 科学技术-动态-世界-学术会议-文集

IV. N11-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 091072 号

中国环境科学出版社出版发行

(100036 北京海淀区普惠南里 14 号)

网址: <http://www.cesp.cn>

北京市联华印刷厂印刷

全国新华书店经售

2003 年 10 月第一版 开本 880×1230 1/32

2003 年 10 月第一次印刷 印张 7.875

印数 1-3 000 字数 212 千字

定价: 20.00 元

如发现印、装质量问题,影响阅读,请与出版社联系调换。

发行部地址: 100012 北京安外大羊坊 8 号 (中国环境科学研究院院内)

电话: (010) 67142555

序 一

现代科学正在突飞猛进地发展，不断扩展人类的视野，增长人类的知识，促进社会繁荣，推动经济发展，备受世人关注。

现在，科学技术正处于重大突破的前夕。新发现、新思想、新概念、新方法的不断涌现，新学科和新方向的不断产生，学科的交叉、渗透和综合趋势的日益增强，复杂性（复杂系统）和整体性研究的崛起，构成当代科学发展蔚为壮观的景象。这不仅对科学的许多原有概念提出了挑战，而且深刻影响到经济和社会生活的各个方面，包括人们的思维方式、生产方式、工作方式和生活方式。

“科学是无止境的前沿”。在科学自身的伟大创造力和经济社会不断出现的巨大需求的推动下，科学不断地推进自己的前沿和扩展研究的领域。现在，这一过程日益加速。学科前沿的错综交叉、变化多端、绚丽多彩、日新月异，令人振奋。

探讨科学前沿，了解其变化和走向，展望未来，对于促进科学发展、促进科技创新，具有战略性的意义。这种预测、研讨活动，本身就是科研工作的重要组成部分。

探明科学前沿、预测科学未来、认清萌生的生长点和蕴藏的新苗头，是非常困难的，需要雄厚的、长期系统的积累，需要扎实的、坚持不懈的努力研究。出版《科学前沿与未来》系列专著，无

疑给科技界提供了交流和讨论的机会，并将吸引大家把注意力和兴趣投向最主要、最有希望、发展最快的前沿，主要是交叉前沿，激励大家的研究兴趣，长期坚持下去。这将使我们的科研工作永远处于科学的最前沿，从而充满活力，富有创造性。

《科学前沿与未来》系列专著，以香山科学会议的综述报告和重点发言为基本内容，并欢迎在科学前沿研究工作的科学家投稿。我们希望科技界和全社会，都关心、爱护、支持这个系列专著，齐心协力，把它长期办下去，为科技发展、科技创新、培育人才作出贡献。

周光召

序 二

当今世界，科学技术的突飞猛进改变了人类社会的各个方面。科学技术走出实验室已作为一个国家综合国力的代名词。

蓬勃兴起的新科技革命，为我国的改革开放和经济发展提供了契机。在这难得的历史机遇面前，中国科技界任重道远，一方面要花大力气通过先进的科学技术，改造传统产业，发展新兴产业，不断提高科技进步在经济增长和社会发展中的作用，促进整个国民经济持续、快速、健康的发展；另一方面要稳定一批优秀队伍，在基础科学、高科技的前沿等方面作出世界一流的工作，要做到这一点，提供一个宽松的、自由阐述新思想、新概念、新发展的环境是很重要的。正是基于这种考虑，在1992年7月召开的“展望21世纪初的中国自然科学”座谈会上，产生了举办“香山科学会议”的想法。两年多来，在国家科委和中国科学院有关同志的努力下，会议起来了，迄今已举办了20多次，在科技界产生了很好的影响。最近江泽民主席也对香山科学会议表示关注。这无疑是对我们工作的极大鼓励和鞭策。

《科学前沿与未来》是香山科学会议的评述报告和重要发言的汇编，集各家之言，洋洋洒洒，把这些宏论良策发表出来是希望能引起社会各界，尤其是广大科技工作者的争论和共鸣，从而对当今

IV 科学前沿与未来 第七集

前沿重大科学问题加深认识乃至对我国科研工作的今后布局产生影响，也希望由此能够传播香山科学会议精神，在我国科技界倡导和培育自由、宽松、民主的学术风尚，引导和激励广大科技工作者特别是青年一代勇攀世界科技高峰，为我国的科学研究、技术创新和世界科技进步作出更大的贡献。

鄭正

1995 年 1 月 6 日

目 录

生命科学引发的伦理争论：焦点问题及其主要观点	
.....	许智宏 李真真 (1)
生命法学中的伦理问题	倪正茂 (13)
卫星导航星载原子钟的国外发展概况和我国发展途径	
.....	王义道 (26)
空天安全的若干重大基础问题	庄逢甘 张涵信 崔尔杰 (43)
走向载人航天的国际发展前沿	沈 政 (63)
对水循环研究的观念、方法、问题和可开展工作的思考	
.....	丑纪范 (75)
化学工程到过程工程：经验到量化	郭慕孙 (84)
老年学研究中的若干重大问题和思考	陈可冀 (94)
老年心理学研究的问题和对策	吴振云 (102)
中国生态农业发展简要回顾及当前面临的机遇与挑战	
.....	李文华 (108)
工业生物催化技术	
.....	林章凛 曹竹安 刘 铮 邢新会 欧阳平凯 (118)
生态工业工程——发展循环经济的技术基石	
.....	金 涌 魏 飞 (128)
现代生物技术在家畜育种中的应用	张 沅 (154)
糖生物学研究进展	金 城 (167)
面向21世纪的材料成形加工技术	柳百成 沈厚发 (179)
生物膜结构研究的一些进展	杨福愉 (198)
生物膜的单分子研究	林克椿 (214)
城市发展与复杂科学	周干峙 (222)
附 录	(238)

生命科学引发的伦理争论： 焦点问题及其主要观点

许智宏 李真真

1 问题的提出

探索生命的奥秘一直是生命科学家所着迷的问题。近代以来，生命科学家提出了各种不同的理论与见解；并且一些理论曾经引起巨大的社会反响。历史上，生命科学的每一个重大进展均对人类的哲学观与社会发展观带来挑战与冲击。20世纪后50年，生命科学的发展已使人们可以在分子和细胞水平上来认识生命活动的基本规律，解读生命奥秘。今天生命科学的每一个重大进展对社会、经济的发展都产生了或将产生广泛而深刻的影响，它不仅改变着生命科学本身，而且还深刻地改变着科学与社会的关系。在这种关系中，科学作为一种独立的、革命性的力量，影响和改变着人类的生存环境与生活方式。而农业、医药、环境等方面的巨大需求和蕴藏的商机又给人类带来了前所未有的精神考验与伦理挑战。

那么，现代生命科学究竟发生了怎样的改变，使得我们的时代不能不认真面对由此所引发的诸多社会、法律与伦理问题？首先让我们简要地回顾一下20世纪50年代以来生命科学发展的历史。

许多人将20世纪末生命科学的迅猛发展以及对社会的巨大影响现象形容为“现代生命科学浪潮”。如果追溯现代生命科学浪潮的

起点，我们应当回到上世纪的20年代。在那个现代生命科学奠基的年代，生命科学开始重新走向新的统一，在遗传学、进化论、胚胎发育学等不同研究领域，都开始围绕着“生命奥秘”的问题努力寻求一种关于生命系统的统一理论。在这种努力中，遗传学研究成为生命科学家关注的核心内容。尽管1900年孟德尔遗传学提出基因和基因作用性质的问题时，基因的客观性在生命科学领域受到某些怀疑，但是，此后基因和生命奥秘的问题仍然成为科学家一直努力的方向。正是这一大批科学家（不光是生物学家，还有一批物理学家、化学家）的不懈努力，成就了20世纪50年代以后生命科学的突破与迅猛发展。

1953年，弗兰西斯·克里克和詹姆斯·沃森在《自然》杂志上发表DNA双螺旋结构模型的论文，全文不足两页，字不过千，但由此翻开了生命科学研究崭新的一页。随后，在60年代，以DNA双螺旋结构模型为基础建立的中心法则以及遗传密码的成功破译，使得“基因”不再是科学家的臆想，而是一种“客观实在”。它使人类认识到，基因是构筑生命的内核与基石。这些重大的进展奠定了被公认的统一生物学的基本理论体系。

此后，生命科学的发展势如破竹，并直接导致现代生物技术的出现。从20世纪70年代初重组DNA技术成功，到1982年第一例重组蛋白质药物（胰岛素）生产获得批准，以及第一例转基因动物和植物获得成功，在随后的20年，生物技术发展迅猛，一批基因工程药物问世，利用转基因动物作为生物反应器生产药物成功，一大批转基因农作物用于生产。正由于此，20世纪70年代以来，生命科学越来越成为社会公众关注的焦点。它的每项重大成果，都立即引起社会的强烈反映。1997年，随“多莉”羊的问世，引发了一场是否应对克隆技术的使用作出必要限制，以及应当作出怎样限制的大规模争论。随着“人类基因组计划”研究的展开，国际社会及时提出，要对由此产生的对科学、经济、伦理、法律及社会等各方面的可能影响展开严肃而深入的讨论。而面对转基因生物的研究及其产业

化，则引发了国际社会对环境与生物安全等问题的特别关注与强烈回应。

那么，现代生命科学的发展究竟给我们带来了什么，使得当代人类对它的研究成果及其应用作出如此强烈的反映呢？

首先，与传统生物学相比，现代生命科学的理论与实践之间存在的从未有过的紧密联系，生命科学的重大基础研究成果所预示的某种重要的应用价值使科学被赋予了越来越直接的社会经济的功利价值。由此也改变了科学与社会关系。这种变化表现为，在知识经济时代，科学作为一种独立的革命性力量或重要的要素，越来越深刻地对经济产生着直接的影响。这使我们现在已经不能不将生命科学置于它所发挥巨大作用的社会系统中加以理解。

其次，与传统生物学相比，现代生命科学已经不仅仅是对生命现象的描述与分析，基因和基因组研究的重大突破，已经使人类对生命的认识深入到生命的内核。人类对生命奥秘的深刻解读，以及对生命科学中的高新技术运用能力的增长，已经为当代人类提供了按照人的意志设计和改造生命，甚至创造新的生命的可能机会。由此它所带来的已经不仅仅是令人惊异和兴奋的结果，更重要的是，对建筑于传统文化储备基础上的人类信念带来挑战与冲击。

第三，与传统生物学相比，现代生命科学的结果及其应用对社会、经济和政治产生了更加直接而深刻的影响。一方面，它增加了一些国家或个人，在经济或政治的压力下，不顾全人类的利益对生命科学的结果进行灾难性使用的可能，从而使国际社会对这种行为的控制变得更加困难；另一方面，由于生命科学的结果对不同社会集团带来的利益不同，由此它必将对社会的公平原则带来挑战与冲击。同时人们从转基因生物安全性的角度考虑，一些国家对此采取更加谨慎的态度，从而使人类的选择行为也变得更加复杂。

历史地讲，科学技术的发展对于人类的社会结构与价值观念的挑战与冲击并不是我们这个时代所特有的。但是，正是由于现代生命科学的这些变化，把我们对生命科学的认识与理解带到一个更加

广阔和复杂的社会系统之中。所以说，在这个科学技术快速发展的时代，对由此引发的社会、伦理与法律问题的深刻探讨与切实解决已经成为当代人类不能不为之的事情。因为，我们今天的行为选择正在为了建构未来的社会规则和世界秩序，它不仅关系到当代人类的命运，而且关系到人类的未来。生命科学和技术中引起伦理争论的研究领域涉及到生殖技术（试管受精、代理母亲等）、克隆技术和干细胞研究、基因组研究、基因治疗、转基因动植物、异种器官移植等等。本文将集中对在克隆技术、人基因组研究和基因技术、转基因生物的安全性等三方面的争论焦点进行介绍和讨论。

2 由克隆技术和人基因组研究引发的伦理争论

20世纪50年代以后生命科学的发展已使人类对生命认识与理解真正触及到了它的内核部分；在生物技术方面也已经从根本上改变了人对机体的干预方式，它使我们已经能够深入到基因水平上来调控生命活动，包括对疾病进行有效干预，甚至深入到生殖细胞内，对生命本身进行有效干预。所以，现代生命科学及其在此基础上发展起来的生物技术不仅为我们提供了更加有效的医疗手段，研制出更多的新药，而且，它也为人类提供了超越生物进化的自然法则，按照人的意愿有目的的“设计”生命的可能机会，甚至按照人的设计创造新的生命的技术基础。众所周知，人类对于生命的崇拜和对人类尊严的绝对信念是建立在生物进化的自然法则基础上的，因此这些新的变化使人类陷入前所未有的伦理困扰，从而引发出激烈的伦理争论。

正由于此，20世纪末，生命科学及其技术取得的每一步重大进展，或获得每一个重大成果，无一例外都引起世界性的强烈反映和伦理争论。比如，当世界上第一只克隆羊“多莉”出世时，世界卫生组织立即针对将这一技术用于人类的可能作法发表声明，明确提出：“这种实验违背了医学要保护人类尊严，以及从遗传角度保护

人类安全的基本原则。”此后，针对“人类基因组计划”研究，联合国教科文组织起草并通过《人类基因宣言》。《宣言》以“人类的尊严与平等，科学家的研究自由、人类和谐及国际合作”为基本原则，向公众公布了人类基因组计划可能对科学、经济、伦理、法律及社会各方面的影响。2002年，在联合国特设委员会召开的讨论禁止克隆人国际公约会议上，世界各国就禁止“生殖性克隆”达成基本共识。由克隆技术和人基因组研究引发出的伦理争论主要有以下几方面：

● 多莉羊引发的生殖性克隆

1938年，德国胚胎学家提出克隆技术的设想之后，克隆技术不断获得新的突破。然而真正使“克隆”在整个世界引起巨大轰动的是克隆羊多莉的问世。一项重大的科技成果之所以能够产生如此巨大的反响，其中最重要的是，动物克隆技术的重大突破与成功为人类利用人体细胞克隆出人类机体提供了技术基础。“克隆人”在技术上的可能性，引发了人们对与之相关的伦理问题的关注。概括讲，有以下几个层面：（1）从生物医学角度讲，它是对无法预知后果的冒险：首先，克隆技术不可能一下取得最后的完满成果，它需要经过不断的试验，而把人当作实验品，是违反人类道德的。其次，克隆人的未来存在着潜在不确定的后果，这里有两个问题：一是他（她）在生理学意义上是否全部健全？比如寿命、生理缺陷等（最近报道多莉羊提早出现衰老症状及早亡已引起人们极大的关注）。二是从长远看，克隆人对目前人类物种是否造成危害？（2）从哲学和社会学角度讲，是对有性生殖的自然法则直至人类尊严的挑战。由于克隆人没有传统意义上的父亲和母亲，所以，他（她）在现代伦关系中只能是“另类”，当他（她）在社会上与人相处时，将造成很大的心理困惑。由于缺乏归属感，他们有可能具有更加强烈的反社会情绪，而缺少责任感。（3）从法律角度讲，作为实验品，克隆人从一开始就不可能有平等的权利，而作为社会的“另类”，他（她）可能将面临一系列诸如遗产继承、社会归属等法

律问题和复杂的人伦关系。

● 干细胞和医疗性克隆

干细胞是未成熟细胞，具有分化再生各种组织器官和完整有机体的潜在功能。1999年，科学家成功分离人体胚胎干细胞，引起更大的关注，因为从发育生物学的角度上讲，胚胎干细胞具有更好的这种潜能。在实践上，人干细胞的研究与开发也已展现出良好的前景，人们期望利用干细胞来生产人体的各类组织和器官，用于组织和器官的修复或基因治疗。但是，国际社会目前对以预防和治疗疾病为目标的医疗性克隆仍然有着明显的分歧，争论的焦点主要集中在：（1）胚胎干细胞是否属于早期生命？有些人认为胚胎干细胞研究就是操作早期生命，而把新生命作为一种可以采掘和利用的自然资源是违背道德的。这种观点在一些天主教国家尤其突出。（2）由于医疗性克隆与生殖性克隆在技术上并不存在难以逾越的障碍，一些国家担心，随着克隆胚胎的大规模出现，它们有可能被秘密植入人体获得继续发育，因此提出应该禁止包含一切人胚胎的克隆研究。而越来越多的国家对医疗性克隆的研究持积极态度，但是强调研究者应当保持谨慎的态度，比如认为所用克隆胚胎的发育时期应规定在囊胚期以前，等等。

● 关于人类基因组计划、基因研究和基因治疗

1986年，美国科学家提出“人类基因组计划”（HGP），该计划于1990年正式启动。2000年6月人类基因组草图测序完毕（最近人类基因组精细结构图已绘制完成）。人类基因组计划的研究目标是从整体上研究基因的鉴定、结构、功能及其相互作用，因而它具有深远的理论意义。另外，它还将基因结构、功能及其相互关系转换为信息，从而大大提高了生命科学研究的效率。不仅如此，人类基因组计划给人类的医疗保健事业带来了巨大的社会效益和经济利益，提供了无限的商机。但是，它也引发了一系列伦理和法律问题。围绕人类基因组和相关的基因研究，人们关注的主要问题有：（1）基因隐私权问题：由于个人的基因序列将成为一个人最基本的

生理隐私，由此引发的问题是，什么人有权获取和利用他人的基因？能否随意获取他人的基因信息加以商业应用？（2）基因歧视问题：由于基因信息可能成为判断所有者遗传特征的根据，那么，对某类疾病易感人群，是否会出现基于基因序列的歧视。（3）基因信息蕴含的巨大的商业价值有可能带来的知识产权与“基因专利”之争，从而使人类基因组计划的成果共享原则发生根本动摇。面对基因组研究的商业价值取向，人们也担心，现代医学的进步有可能成为大公司或富国的掠夺利益的手段，从而造成社会的不公平，甚至在富人和穷人之间形成不可逾越的屏障。

基因治疗是将正常的有功能的基因通过特定的基因转移技术转移到患者体内发挥功能，从而矫正由于基因缺陷或突变而造成的遗传性病变，或使机体获得抗病功能。在这方面需要考虑的主要是风险判断及其安全性。

3 由转基因生物安全性引发的争论

20世纪70年代，基因重组实验必须在实验室“负压”状态中进行，为了防止基因重组体（当时主要是微生物）进入人体或向外界扩散，各国均制定出了关于基因重组实验的操作规程，对此加以控制。但是，随着基因工程技术的发展，现在已不光是获得了大量的基因工程菌株，而且还获得了一大批转基因动植物，其中一些已进入大自然，一大批转基因作物品种已在农业生产上应用。因此，可以说，我们正在进入到一个由科学技术创造的新的生态环境之中。这个正在形成的新的生态环境，由于它的历史还很短，对于我们来讲在许多方面仍然还处于“黑箱”或“灰箱”状态，也就是说，当我们考虑转基因生物对社会经济发展的积极作用的一面时，我们并不清楚它将对现有生物，对我们这个地球是否存在可能的负面影响。因此，它引发了人类对于转基因作物和动物的安全性问题的焦虑情绪。

那么，转基因技术及其应用究竟带来哪些具体的问题呢？或者说，目前国际社会在这方面关注的可能的负面的影响是什么？

首先是转基因生物的安全性问题，这方面主要是针对转基因作物，因为对于动物而言，相对比较易于控制。焦点问题是，转基因生物体向自然界的大量释放，对生物多样性、生态环境和人体健康将带来怎样的可能风险与危害。

● 围绕生态环境的安全性，人们关注的主要问题是改变环境的选择压所造成的生态影响：（1）比如转基因抗虫作物的大规模种植，是否会加速目标害虫对转入的基因所表达产生的特定抗虫因子的抗性，或者对某些有益的昆虫产生不良的影响。（2）转基因植物通过传粉将具有抗虫、抗病、抗除草剂或对环境胁迫具有耐性的基因转移给野生近缘种或杂草，使杂草获得转基因生物体的抗逆性状，成为所谓“超级杂草”的可能性。（3）由于转基因作物通常含有抗生素标记基因，这些基因在自然界特别是土壤中有无转移到致病微生物中使之成为耐药的致病微生物的可能。

● 但至少到目前还没有确切的证据说明目前正在应用的转基因作物品种会产生这些问题。另外，科学家也设计了不少新的方案来避免产生这些可能（如不用抗生素标记）。

● 围绕生物多样性保护，人们关注的主要问题是：（1）由于转基因生物具有普通物种不具备的优势特征，人们担心转基因生物大量释放到自然界，将改变物种间原有的竞争关系，破坏原有自然生态平衡，导致生物多样性的丧失。（2）转基因生物可能会对非目标生物产生影响，如抗虫和抗病转基因植物除对害虫和病菌致毒外，对环境中的许多有益生物可能也将产生直接或间接的影响和危害。（3）转基因植物通过传粉而引起的基因漂移，可能会影响野生和野生近缘种的遗传多样性，这在主要农作物的发源地特别引起人们的注意。

● 围绕对人体健康的安全性，人们关注的问题有：转基因活生物体及其产品作为食品进入市场，转移进的基因的表达产物对人

体是否可能产生某些毒性和过敏反应，是否会改变其他成分的组合。

随着转基因生物的跨国越境转移，国际社会对于上述种种问题的争论一度相当激烈。在“天然物种的基因不容污染”的伦理原则下，人们关注这种污染是否能够发生以及它的现实化将导致的可能的严重后果。对此，人们表现出了各种或乐观或悲观的态度。然而，无论对此持何种态度，都不能不正视这样一个问题，即我们是否具备防止这种污染发生的技术能力与社会控制能力？由此它引发另一层面的伦理争论。关于这方面的争论，我们可以归纳为经济利益与全球安全的冲突。

我们知道，转基因生物已不再是实验室的“奢侈品”。转基因技术的应用带来的最明显好处是，它提高了抗性，改良了品质，增加了农产品的产量。所以，人们承认它给面对饥饿压力的贫穷国家与发展中国家提供了解决人口膨胀带来的生存问题的一把钥匙。然而，由于对转基因技术的伦理动力的不同，各国对种植和推广转基因作物，以及转基因食品的态度也存在着很大的差别。发展中国家迫于生存压力，对种植和推广转基因作物普遍持积极的态度，如印度政府明确宣布鼓励使用基因工程种子，并特别优先支持有关转基因作物的研究。一些伦理学家指出，消除饥饿是发展中国家最重要的伦理动力，转基因技术理所当然地被发展中国家广为接受并发挥巨大作用。在发达国家中，欧美之间表现出明显的差异。特别是一些欧洲国家，公众对转基因食品普遍表现出不欢迎或怀疑的态度。这种行为的伦理动力显然来源于对转基因作物和动物给人体与环境带来的可能危害的焦虑。表面上，各国都正在根据自己的实际利益作出相应的反映，但是，在“全球化”概念框架下，我们也可看到由这种差异所反映的转基因技术所引发的伦理冲突。

从全球经济的角度看，不可否认，由于大多数发展中国家经济的低速增长和停滞，已经并继续造成世界性的两级分化的加深，它不仅加大了全球性的反贫困压力，而且也抑制了全球新的经济增长