一、生命科学

小核糖核酸溅起大浪花

提起遗传，人们往往想到脱氧核糖核酸（DNA），而忽视了核糖核酸（RNA）。科学界有些人一度认为，RNA功能简单、没有研究的价值。然而近三年RNA研究出现一系列重大突破，在美国《科学》杂志每年十大科技突破评选中，RNA研究都占据重要位置，2002年更是一举拿下“头名状元”。

RNA也是遗传信息的重要载体，一般是单链线形分子，也有双链、环状单链的。1983年还发现了有支链的RNA分子。1965年，R·W·霍利等测定了第一个核酸－酵母丙氨酸转移核糖核酸的核苷酸的排列顺序。1981年，中国科学家王德宝等人从制备核苷酸原料和各种工具酶开始，在世界上第一次全部用人工方法，合成具有生物活性的天然RNA。

按照早先的遗传学观点，RNA在遗传过程中担负的功能非常简单，它一般是作为DNA的“附属”出现，把DNA所携带的遗传指令传递到蛋白质合成过程中，充当“信使”和“模版”。但新的研究成果揭示，RNA的作用可能被人们小看了，它不光是遗传的“信使”，在某种程度上也扮演“纠错者”和“控制者”的角色。

RNA可能是一个多面手的征兆出现于20世纪90年代早期，那时生物学家们已经确认在植物细胞中某些小核糖核酸可能会取消各种基因的表达。后来在动物细胞中，这种现象也得到了确认。

但是，直到1998年才真正认识到这种分子的力量。那一年，研究人员把几段双股核糖核酸注入到了蠕虫的体内。按照通常的认识，这些单股核糖核酸在U形弯曲处会向回纠结，从而使得两列互补的序列并排而行，这样就形成了双股核糖核酸。让研究人员感到惊讶的是，双股核糖核酸首先戏剧性地把帮助产生核糖核酸的基因给抑制住了。这种抑制行为后来在苍蝇以及其他生物体上也被发现了，这一现象被称为核糖

需要全本请访问 www.ertongbook.com

核酸介入（RNAi）。这也帮助证明了核糖核酸分子是某些基因抑制现象的幕后指使者。

对两种不同生物体内的 RNAi 进行严密的监视后，科学家们惊讶地发现，小核糖核酸能够通过某种不太明了的机制永久地关闭或者删除 DNA 片断，并在非常大的程度上控制染色质的形成，而不是仅仅暂时地抑制它们的活动。

与此同时，另外一些研究人员则把注意力都集中在了一种不同的生物体（即一种被称为四膜虫的单细胞纤毛虫）上了。生物学家们非常珍惜四膜虫，是因为它们存储传递给后代的 DNA 的细胞核与包含它们活着时的 DNA 的细胞核不同，这使得区分各种基因变异显得非常容易。研究人员发现在四膜虫体内，当一个细胞分裂时，小核糖核酸对删除还是改造某些 DNA 序列具有决定权。

研究人员正在探索 RNAi 在疾病形成中所起的可能作用。有些生物学家相信，RNAi 或许可以帮助产生在人或者其他哺乳动物的干细胞变成某种组织时所遵循的途径。如果情况真的是这样，那么 RNAi 就将成为操纵干细胞的基本工具。并且如果在人体中小核糖核酸对细胞分裂的影响跟它们在酵母和四膜虫体内所起的作用一样，那么转录机器中的一个小差错都将导致癌症的产生。

《科学》杂志说，2002 年的多项研究表明，一些长度较短的核糖核酸，即所谓“小核糖核酸”，能够对细胞和基因的很多行为进行控制，比如打开和关闭多种基因，删除一些不需要的 DNA 片段等。它们在细胞分裂过程中更是发挥了至关重要的控制作用，可指导染色体中的物质形成正确的结构，防止 DNA 片段位移出错。RNA 功能的错乱，可能是引发癌症的一个重要原因。

这些发现有望为科学家提供操作干细胞的新工具，以及用于研制治疗癌症等由基因组错误所导致的疾病的新方法。

人类第一次在基因组层面“认识”水稻

继人类基因组“中国卷”绘制成功后，中国科学家的研究成果再次让世界瞩目。中国科学院和美国《科学》杂志 2002 年 4 月 4 日在京联合举行通报会宣布：地球上一半以上的人类所赖以生存的粮食作物——水稻的基因序列不仅被我国科学家独立绘制完成，而且获得成功“解读”，从而使人类第一次在基因组层面“认识”水稻。

4 月 5 日，美国出版的权威杂志《科学》以封面文章的形式和长达 14 页的篇幅发表了《水稻（籼稻）基因组的工作框架序列图》论文，介绍了由中国科学家独立自主完成的这一重大科研项目。这一成就标志着人类在解读“生命之书”的路上迈出了重要一步。

中科院院长路甬祥说：“这表明我国水稻基因研究已经处于国际前列，并对世界科学发展做出了贡献。”

总基因序列达 4.6 亿的水稻（籼稻）基因工作框架图，是继人类基因组之后完成测定的最大基因组，也是迄今测定的最大植物基因组。

我国科学家于 2000 年 5 月宣布实施超级杂交水稻基因组计划。和国际上其他几大水稻基因组计划不同的是，我国科学家的测序材料是袁隆平院士提供的超级杂交水稻。科学家在一年多的时间里，以难以想象的速度和高质量完成了工作，使国际同行不得不刮目相看。

我国科学家绘制的水稻基因组工作框架图，基本覆盖了水稻的整个基因组和 92% 以上的水稻基因。科学家的工作量，相当于把水稻基因组反复测定了 10 次。

在水稻基因组研究中，我国科学家惊奇地发现：水稻基因总数竟然是人类基因组基因数目的约两倍之多！

杨焕明博士等参与此次测序的众多科学家总结认为，除了技术上的创新外，此次的水稻工作框架序列图与人类、拟南芥等已经测定的基因组序列框架图进行比较，主要有八大发现：

水稻基因数目多。通过对水稻基因组序列框架图的详尽分析，估计水稻基因组中基因总数有 46 022 ~ 55 615个，并基本确定了其中一万多个基因的功能。其基因总数几乎是人类基因组基因总数的两倍！美国华盛顿大学王刚博士说：“ 我们津津乐道于人类自己的基因组的优越时，却至少在基因数目上已输给了养活人类的水稻。 ”

“ 基因家族 ” 成员多。在进化过程中，水稻基因主要是通过基因加倍而使 “ 基因家族 ” 的成员增加，但每一 “ 成员 ” 的功能比较单一，而人类主要通过一个基因产生多个不同的 “ 编辑 ” 产物。打一个比方：人类的基因就好像一把多功能军刀，它可以让你用一个基因干很多不同的事；如果你没有多功能军刀，那你只能在口袋里带一大堆工具，就像水稻基因那样。

基因头尾差别大。这种差异，增加了基因发现的难度。水稻基因组中的小基因难以发现，而人类基因组中难以发现的却是大基因。

“ 垃圾 ” 多在基因外。水稻、拟南芥与人类基因组都有很多不编码蛋白质的 “ 垃圾 ” 序列。水稻的这些 “ 垃圾 ” 多位于基因之外，而人类却在基因之内。因此，水稻基因的平均长度只有 4 500个碱基，而人类基因的平均长度长达 72 000 个碱基。可是，中国科学家认定，这些 “ 垃圾 ” 里面肯定有 “ 宝贝 ”。 “ 杂种优势 ” 的奥秘很可能就与这些 “ 垃圾 ” 中的 “ 宝贝 ” 有关。

禾本植物差别大。同样是属于禾本科的水稻、小麦、高粱、玉米等是单子叶植物，拟南芥、大豆是双子叶植物。拟南芥已发现有 25 000个基因，其 80% 的基因在水稻基因组中都可找到；反之，水稻基因组中却只有不到一半的基因能在拟南芥基因组中找到，那些找不到的基因中相当一部分是新的基因。

籼稻与粳稻不一样。六分之一的籼稻和粳稻基因组不一样。而不一样的区域主要是多个备份的 “ 移动因子 ” 不同。

水稻序列变异多。水稻相互间的差异近百分之一，而人类序列的相互差异为千分之一左右。这些序列差异为育种提供了非常重要的分子标记。

“ 杂交优势 ” 初露端倪。籼稻和杂交水稻母本的序列，给杂交水稻的机制提供了新的启示： “ 杂交优势 ” 很可能与基因组大小、组分、基因表达等都有关系。据对杂

交水稻的基因的“表达谱”初步分析，在父本、母本及杂种后代存在很大不同。“杂交优势”极有可能和基因“表达谱”也有关系。

2002 年，我国水稻基因测序捷报频传。科技部、中国科学院在上海宣布，我国科学家独立完成了“国际水稻基因组计划”第四号染色体精确测序任务，由我国科学家精确绘制的水稻第四号染色体精确测序图 11 月 22 日发表在英国《自然》杂志上。对这一国际计划的贡献率达到 10%，这是我国迄今为止完成的最大基因组单条染色体的精确测序。刊于《自然》杂志的论文《水稻基因组第四号染色体序列及分析》宣布，中国科学家采用克隆步移法完成了对水稻（粳稻）基因组第四号染色体全长序列的精确测定，拼接后总长为 3 500万碱基对，精确度为 99.99%，覆盖了染色体全长序列 98% 的区域，达到国际公认的基因组测序图的标准。

12 月 18 日，国际水稻基因组测序计划工作组在东京宣布，国际水稻基因组测序计划已圆满完成，共测定碱基对 36 600万个，精确度达到 99.99%，并预测遗传基因 62 435 个。国际水稻基因组测序计划启动于 1998 年，是继人类基因组计划后的又一重大国际合作的基因组研究项目。该工程的完成将使人们可以利用遗传途径改良水稻品种，并为读解其他谷物的基因排序提供帮助。

基因差别只有百分之一　人和老鼠原来是“兄弟”

表面上看，人和老鼠差别大得很。老鼠体格很小，身上毛茸茸的，往往用四只脚爬着走；而人身躯高大，直立行走。但科学家最新破译的老鼠基因组清楚地表明，人和老鼠在基因上的差别小得出乎意料，说这两者是“兄弟”都不为过。

继人类基因组密码被破译后，2002 年 12 月 5 日，科学家在英国《自然》杂志宣布，他们成功破译了老鼠的基因组密码。有意思的是，老鼠这种“低等动物”，竟有 99% 的基因与自诩“高等动物”的人相同，两者甚至都有着“长尾巴的基因”！

这项研究是来自英、美、德等国的上百位科学家共同合作取得的成就，国际科学界评价：它是继大约两年前人类基因图谱公布之后又一个重要的科学突破。《自然》杂志介绍说，这将有助于理解人类基因组的相关奥秘。这份刚刚被破译的老鼠基因组草图显示，人类与老鼠的基因数目大约都是 3 万个，其中只有约 300 个是各自所独有的。人类 23 对染色体上的 29 亿个碱基对与老鼠 20 对染色体上的约 25 亿个碱基对相当接近，脱氧核糖核酸（DNA）链上基因与基因之间的“空白”片断也非常相似。老鼠和人共享着 80% 的遗传物质和 99% 的基因，其中包括与尾巴功能相关的基因。

其实，人类有尾巴基因并不值得大惊小怪。当年人类的祖先——森林古猿从树上走到地面上时，都长有尾巴，只不过在后来的进化过程中，尾巴才逐渐消失。而且从严格意义上来讲，人类的尾巴并没有完全消失，只不过“萎缩”成了尾骨。现在，这根尾巴虽然不见了，但与它的功能相关的基因作为铁证是“进化”不掉的。

知道这些结果，人可能会很愤愤不平：小小老鼠怎可与号称“万物之灵”的人类

相提并论？其实这不难理解，因为两者有共同的祖先。在12 500万年至7 500万年前，有一种在恐龙的夹缝中求生存、善于奔跑的小动物，就是人类与老鼠的共同祖先，同时也是所有胎盘哺乳动物的共同祖先。

亿万年的进化形成的1%基因差别，竟然造成人鼠“兄弟”之间命运如此迥异，真是“造化弄鼠”啊！

由于繁殖速度快、容易饲养，所以老鼠是生物和医学实验中的重要模式实验动物。国际合作项目“人类基因组计划”（HGP)于1990年启动时，将老鼠列为5种重点测序生物之一。作为生物学和医学研究中重要的模式动物，老鼠是基因组测序浪潮中的重点对象之一。1999年，美英几家大型科研机构成立了老鼠基因组测序的合作团体。2002年8月，他们公布了老鼠基因组物理图谱的框架。2002年上半年，美国塞莱拉遗传公司宣布已绘制出老鼠的基因组草图，但表示不准备免费公开数据，也不准备在学术期刊上发表。由美国国立卫生研究所和英国威康信托机构资助，美、英、德等国家多所科研机构共同完成了这份新草图。其中小家鼠基因组约95%的内容将通过学术期刊和互联网等方式向全世界科研人员免费公开，让大家共享。完整的老鼠基因组图谱预计于2005年完成。

人类遗传疾病基因研究专家、中国协和医科大学沈岩教授认为，老鼠基因图谱破解后揭示出的老鼠与人类基因的高度相似性，使得科学家可以将老鼠与人类基因进行对比研究，尽快找出那些引发人类癌症、心脏病、艾滋病等各种疾病的基因。

国家“863”生物工程技术主题专家组副组长、中国农业大学李宁教授则表示，老鼠基因图谱的破解，不仅会为人类疾病研究提供极大方便，而且由于老鼠与其他家畜、家禽的基因也非常相似，通过对比研究，也能让科学家更方便地找到那些让“牛多产奶、鸡多下蛋”的基因，提高农牧业的生产效率。

遗传信息复制和“细胞之门”领风骚

由中国科学院和中国工程院568名院士投票评选出的“2002年世界十大科技进展新闻”中，有三项与生命科学有关，除名列第二的破译老鼠基因组外，还有遗传信息复制是生物进化的动力和德国科学家用高频激光打开“细胞之门”。

科学家研究证实遗传信息复制是生物进化的动力。法国国家卫生与医学研究所科学家与日本同行合作研究发现，人类基因组中留有无脊椎动物基因复制的痕迹，这表明人类等复杂动物基因组的某些部分是远古生物遗传信息复制的结果。法国科学家称，这是科学界首次用事实证明遗传信息复制是生物进化的动力。

地球上的生物何以从结构简单的原始生命逐渐进化到高级生物一直是生物学上的一个重大谜团。虽然早在30年前就有假说认为生物的重大进化，如从无脊椎动物到脊椎动物的飞跃性进化，是基因组完整片断复制的结果，因为这种复制可以使那些能够导致出现脊椎动物特殊功能的基因成千上万倍地增长，但长期以来，这一假说始终

需要全本请访问 www.ertongbook.com

未能得到任何严谨的科学证实。

为验证这一假说，法国国家卫生与医学研究所专家首先进行了如下假设：如果基因组片断在无脊椎动物身体中得到复制，那么，科学家应该能在脊椎动物，特别是有颌脊椎动物——人类的基因组中找到这一染色体对等区域的痕迹。为此，法国专家把注意力瞄准了人类的一类特殊基因，即参与人体免疫功能的主要组织相容性复合体。同时，他们选择了无脊椎动物——蠕虫、文昌鱼的基因组的同样区域进行比较。目前，专家们在人类基因组中已经找到 4 个这样的区域，在文昌鱼基因组中找到了 1 个。

在日本同行的参与下，法国专家进一步将人类主要组织相容性复合体基因与文昌鱼的对等基因逐一进行了比较。结果证实，人类基因组中发现的 4 个区域是有颌脊椎动物祖先基因组两次整体复制的痕迹，即人类在进化过程中保留了无脊椎动物基因组的一小部分。科学家经时间推断后进一步认定，这种遗传物质复制是在同一时期一次完成的，也就是在 7.66 亿 ~ 5.28 亿年前，头索类动物与脊椎动物分化时一次完成的，这远在有颌脊椎动物出现以前。

在生命科学研究领域，高频激光可打开“细胞之门”也受到了广泛关注。德国科学家找到了一种转基因操作新方法，使用高频激光只在细胞膜表面穿一个小孔，就能达到在对细胞原本结构损坏甚小的情况下移植基因物质的目的。

来自德国耶拿的弗里德里希·席勒大学的乌戴·蒂尔拉普与卡斯腾·柯尼希等科学家介绍说，现有的移植技术通常会对细胞结构破坏很大而造成移植效率低下，而且被移植的基因物质往往也不能很好地与细胞内原有物质结合，功能表达效果不佳。

在实验中，科学家使用高频（脉冲间隔为千万亿分之一秒）、高强度、近红外的激光脉冲，分别对两种实验动物的卵巢细胞和肾脏细胞进行“连珠炮”式的“轰击”，即在大约几个千分之一秒的时间内对细胞膜发射了约上百万次的激光“炮弹”，致使细胞膜上出现了一个孔径极小的孔，顺利地移植入了目标物质。在此之后，细胞自身的生长帮助细胞膜上的这个小孔再度“关闭”，使细胞结构恢复正常。

科学家介绍说，这种新方法不仅可靠而且移植效果好，大大提高了移植效率，对于成功移植外源遗传物质进入包括干细胞在内的各种细胞具有重要意义，它将有助于开发出新的基因疗法与 DNA 疫苗接种等。

中国科学院院长路甬祥认为，这反映了世界科学研究正在从物质科学转向生命科学。他指出，过去一二百年中，人类在物质科学比如物理、化学领域取得了辉煌成就。相对物质科学来说，人类对生命现象和人类本身的研究更加困难，因而生命科学的研究是相对滞后的。目前关于生命科学的成果数量逐年上升，说明科学热点转移到了生命科学。

人类细胞衰老之谜

北京大学医学部科学家初步揭开人类细胞衰老之谜。北京大学医学部研究组经过

多年研究，目前已初步阐明人类细胞衰老的主导基因 P16是人类细胞衰老遗传控制程序的主要环节，揭示了 P16 基因在衰老过程中高表达的原因，从而初步揭示了人类细胞衰老之谜。这是 2002 年中国科学家在人类细胞衰老机理上取得的原创性贡献，它为进一步阐明人类细胞衰老问题提供了一条新途径。

由 568 位中国科学院和中国工程院院士参与评选的“ 2002 年中国和世界十大科技进展新闻 ”将此列入中国部分的十大进展之列。

1966 年，美国科学家海弗利克发现，细胞分裂次数是有限的。于是猜测细胞内有一个限制细胞分裂次数的“ 钟 ”，他后来通过细胞核移植实验发现，这种“ 钟 ”在细胞核的染色体上。现在已经知道决定细胞衰老的“ 生物钟 ”就是染色体两端的端粒 DNA，它可随着细胞有丝分裂而缩短。

端粒到底是不是决定细胞衰老的“ 生物钟 ”，实验是最好的验证办法。如果端粒缩短是细胞衰老的决定因素，那么只要端粒得到修复，各种衰老的伴生现象就不攻自破。生物在漫长的进化过程中已形成了一套比较完整的防御系统，衰老使防御功能减弱，例如线粒体 DNA 的突变在年轻人是不会积累的，因为在细胞水平上，突变的线粒体 DNA 可以更新，例如，异常或失效的线粒体会被溶酶体识别吞食；在个体水平上，细胞核 DNA 突变的细胞株（包括免疫细胞）会被免疫细胞清除掉，正常人体内每天都有大量的突变细胞株产生和清除，所以染色体 DNA 损伤的细胞在不衰老的个体中是不会积累的。到目前为止，除端粒学说外，没有一种学说能够完美地解释人的衰老现象。

据介绍，此项名为“ 衰老细胞与分子机理研究 ”的课题是国家自然科学基金重点项目，曾先后获得国家重点基础研究发展规划等 18 项基金的支持，2002 年 12 月在国际权威专业刊物——美国《生物化学杂志》上连续发表论文 2 篇，并被美国“ 科学引文索引 ”收录。

该衰老分子生物学研究室负责人童坦君和张宗玉说：“ 此研究项目采用国际公认的人类细胞衰老模型，通过对人类细胞衰老的主导基因 P16 作用机理及其调控的研究，初步阐明了 P16 基因不仅是细胞衰老遗传控制程序中的主要环节，还可影响细胞寿命与端粒(细胞的‘ 生物钟 ”)长度,它通过调节 Rb蛋白的活性，而非激活端粒酶起作用。同时发现负调控机制减弱是细胞复制性衰老时 P16 基因高表达的重要原因。 ”

在研究过程中，研究人员发现 P16基因存在一个基因序列为 GAAGGT 的负调控元件。此负调控元件相当于 P16 基因的刹车装置。他们还发现了掌管这一刹车装置的蛋白质因子，它的分子量约为 24 000道尔顿。进一步研究显示：年轻细胞的此蛋白质因子可与负调控元件结合，抑制 P16基因表达，而衰老的细胞缺乏此因子，所以 P16 基因高表达。

研究组还采用细胞衰老的 4 项定量指标，共同证明：抑制 P16 基因表达，不仅细胞寿命延长，衰老程度减轻，而且端粒长度的缩短也在减缓；反之，增强 P16 基因表达，不仅细胞寿命缩短，衰老程度加重，而且端粒长度缩短明显加快。

童坦君表示，细胞衰老是生物衰老的基本单位，也是人类老年病发病的共同基

础。“一切生物学关键问题必须在细胞中寻找”已是当前生物学家的共识。通过“衰老细胞与分子机理研究”的课题研究，我们至少可以说，人类某些细胞的寿命，是可以利用基因重组技术来进行调节的。

揭开“中国猎龙”的神秘面纱

2002 年，中、美、加科学家在小型恐龙演化和鸟类起源研究方面取得重要进展，这是继我国辽西带羽毛恐龙研究之后在这一领域取得的又一项重要成果。科学家揭示了恐龙向鸟类进化过程中的一些有趣进化现象，以及一些重要的鸟类特征的进化。中国科学家也由此突破了“鸟类起源”研究的最前沿。这一成果发表于 2002 年 2 月 14 日出版的英国《自然》杂志上。随后，美国《科学》杂志又披露了这一被称为“中国猎龙”的恐龙的神秘相貌。

“中国猎龙”是发现于我国辽西地区的一种新的小型肉食龙类。这种小型恐龙生活在大约 1.3 亿年前，它体长不足 1 米，嘴里长着细小的牙齿，脑颅膨大，前肢能够像鸟翅膀一样侧向伸展，后肢修长，具有很强的奔跑能力。

中国猎龙分类上属于伤齿龙类。这是一类非常奇特的恐龙，具有不同寻常的形态特征组合，因此，长期以来古生物学家们对这类恐龙的系统位置存在很多争议。中国猎龙是这一类群中最原始的属种，它具有过渡色彩的形态正是古生物学家们长期以来所寻求的，中国猎龙代表连接这一类群和其他恐龙类群的缺失环节。中国猎龙的发现表明，这类恐龙在系统演化上代表和鸟类最为接近的恐龙类群之一。中国猎龙的脑颅结构和始祖鸟非常相像，具有复杂的围耳窦系统。中国猎龙膨大的脑颅表明它具有很高的智力水平，能够适应复杂的环境。被研究的这只中国猎龙脑袋直径近 10 厘米，在素以“愚蠢”闻名的恐龙家族中已算“聪明的大头”，颅腔和髓骨的比例更接近鸟类。

在中国猎龙脚趾的构造上也能看出恐龙向鸟类进化的痕迹——它每只脚上有三趾，都长着长而锋利的鸟类形状的弯指甲，说明它非常凶猛。

虽然在化石上没有发现羽毛的证据，但徐星等恐龙专家根据系统发育得出中国猎龙也长着羽毛的结论。在制作复原图时，徐星等专家态度保守地为中国猎龙披上了一层绒毛，而事实上，中国猎龙的前肢和尾巴上可能已经长有类似尾羽龙那样的现代鸟类羽毛。

国际学界一般认为，鸟类是由兽角类恐龙中的一支——手盗类恐龙演化而来的，而手盗龙又包括驰龙、窃蛋龙、镰刀龙和伤齿龙等类型。前三个类群的“恐龙代表”都已经在我国辽西地区发现，只有伤齿类恐龙的类型研究收获甚少。恐龙家族“新丁”——中国猎龙的发现，无疑填补了这一空白。

“热河生物群综合研究”是一项由中科院院士张弥曼领衔，从 1997 年开始启动的大型古生物发掘研究项目。十几位中国科学家每年在辽西、冀北地区进行为期 2～4 个月的野外发掘，近年来仅恐龙化石就发现了十几种，包括鹦鹉嘴龙、中国乌龙、小

盗龙、热河龙尾羽龙等等。这些恐龙都生存在 1.3 亿～1.1 亿年前。

2001 年 6～7 月间，科学家们在辽宁省北票市的一个小镇上再次发掘出一些与众不同的恐龙骨骼化石。其中两块尤其令科学家惊喜：一块保留了相对完整的头骨构造和不太完整的头后骨构造，另一块则恰好保留了完整的头后骨构造。两块头骨化石和其他一些化石令科学家得以勾勒出中国猎龙那副“非常奇怪”的相貌。为恐龙向鸟类演化这一过程提供了重要信息。

徐星等学者通过对包括中国猎龙在内的世界各地发现的 40 多种恐龙的 200 多个特征的研究，认为古生物学家在研究恐龙一鸟类进化时应该清除许多“非同源特征”的干扰，例如中国猎龙的发现证实鸟类翅膀的形成和呼吸系统的转变在恐龙向鸟类演化前很早就已经完成，而此前带羽毛恐龙的发现也表明羽毛出现在鸟类起源之前。

自 1996 年我国辽西发现带羽毛恐龙化石以来，中外古生物学者就一直为恐龙向鸟类演化的各种自相矛盾的证据所困惑，而“模样非常奇特”的中国猎龙则为古生物学者理解恐龙向鸟类演化的曲折复杂的过程提供了重要的思路，去伪存真，有助于正确建立恐龙向鸟类演化的一些重要形态特征的演化序列。

“中国古果”飘来世界上最早的花香

被子植物也称“有花植物”或“显花植物”，是现今植物界最高级、最繁盛和分布最广的一个植物类群，全世界现有约 400 个科、近 30 万种。被子植物与人类生存和社会发展的关系十分密切，人们吃的大米、小麦和水果，穿衣所需的棉花，医疗用的中草药，美化生活的鲜花，建筑所需的木材等，绝大多数来自于被子植物。

早在 150 多年前，英国生物学家达尔文就曾因被子植物突然在白垩纪大量出现，又找不到它们的祖先类群和早期演化的线索，而感到困惑不解，称之为“讨厌的谜”。近百年来，世界上许多古植物学家和植物学家对被子植物的起源地进行了孜孜不倦的探索，先后提出过许多理论和假设，诸如曾经流行一时的“北极起源说”“热带起源说”等，但均因为缺乏足够的证据而存在缺陷。

有关“迄今世界最早的被子植物在中国”新发现的研究成果，被美国著名杂志《发现》评为 2002 年 100 条重大科学新闻之一。由中国吉林大学古生物研究中心和美国佛罗里达大学自然博物馆等合作完成的这一成果，名列第 57 条，并且是所评选的十几个科学领域中的植物学和古植物学领域唯一一项重大新闻。迄今世界最早的被子植物在中国的新发现，是以“最早的花的香味”为题列于《发现》杂志 2002 年植物学重大研究进展之中的。该成果“简要介绍”中说，达尔文曾经困惑于有花植物最早出现的时间和地点。150 年来，古植物学家们曾试图回答这个问题，但一直未能成功。2002 年 5 月，中国吉林大学和美国佛罗里达自然历史博物馆的古植物学家们宣布了“可能是世界上最完整、也是最古老的被子植物”化石在中国的新发现。这种产于中国的湖相地层的被子植物的形态较之它的时代更为令人惊奇。

世界最早的被子植物在中国新发现的新闻源于国际权威刊物——美国《科学》杂志 2002 年 5 月 3 日出版的封面文章《古果科——一个基本被子植物的新科》。该成果是由吉林大学古生物研究中心孙革教授领导的课题组完成的，美国佛罗里达大学自然博物馆迪尔切院士、中国地质科学院季强研究员、郑少林研究员以及美国康奈尔大学尼克松博士等共同参加了此项合作研究。

按植物学界的传统理论，被子植物（也称“有花植物”）被认为是从相似于现在木兰植物的一类灌木演化而来。然而，中国的“中国古果”却是一种小的、细嫩的水生植物，并更像草本植物。这种被子植物具有花的繁殖器官，但没有色彩夺目的花瓣。

我国东北地区地层发育良好，植物化石十分丰富，是全球早期被子植物的重要化石产地之一。近半个多世纪以来，我国科研人员对东北地区植物化石进行了大量的发掘和研究工作，尤其是在 1998 年，孙革等科研人员首次在辽西北票地区发现了迄今世界上最早的被子植物——距今约 1.45 亿年前的“辽宁古果”，并提出了“被子植物起源的东亚中心”假说，引起国际古植物学界和植物学界的广泛关注和热烈反响。

科学家们推测，早期被子植物可能是以中国辽西－蒙古为中心，而后向北、特别是向东北方向辐射、迁移和发展，到早白垩纪末至晚白垩纪之初，在亚洲东北部，特别是濒太平洋地区，早期被子植物已逐渐成为当时陆地植被的主要组成部分。因此，以中国辽西或中国辽西－蒙古一带为核心的东亚地区，应被视为全球被子植物的起源地或起源地之一。

二、生物科技

克隆人，“狼”真的要来了

每到年终，各行各业都要盘点一番，科技也不能免俗。美国《发现》杂志评出了2002年最重要的100条科技新闻，其中有关克隆的话题名列榜首。

这份著名的科普月刊认为，2002年是‘克隆年’。该刊在题为《勇敢面对新世界》的评论文章中指出，2002年，克隆科技已经发展到了克隆人的阶段，而且几乎可以肯定，繁殖克隆人的工作已在进行，“这不仅是2002年，可能也是这个世纪最重要的科学新闻”。

《发现》杂志说,有3个理由可以让人相信克隆人已不再是幻想：一是辅助生殖技术领域不断增长的供求，比如美国目前就有370个培育试管婴儿的诊所，任何类似诊所都具备制造克隆人的原始生物材料和机会；第二个原因是克隆技术突飞猛进，1997年多利羊诞生以来，科学家们已先后克隆出绵羊、牛、老鼠、山羊、猪、兔子和猫等7种动物，克隆人不过是科学发展顺理成章的下一步；第三，克隆技术的巨大应用潜力吸引了众多生物技术企业投身其中，可用来克隆人的基础设施正在形成。

《发现》杂志没有错，几天后一件大事证明了他们的观点。2002年12月27日，一个名为“雷尔革命”的邪教组织在美国佛罗里达州举行新闻发布会，正式宣告世界上第一例克隆女婴“夏娃”已经在前一天出世。按照该教派负责此事的科学家布里吉特·布瓦瑟利耶的说法，“夏娃”通过剖腹产降生，体重3.15千克，健康状况良好。其生育母亲和克隆母亲是同一位美国妇女，现年31岁，这名妇女的丈夫不能生育。这一事件立即成为轰动全球的消息，各大通讯社、媒体争相报道此事。

然而，由于布瓦瑟利耶没有提供“夏娃”的照片和其他任何科学证据，克隆女婴一事的真实性受到国际社会的广泛质疑。布瓦瑟利耶说还将有4名克隆婴儿即将在未来的几周内降临人世，一些科学家对此更加怀疑。美国麻省理工学院的一位生物学家

需要全本请访问 www.ertongbook.com

鲁道夫·居内什说，克隆羊多利经历了 277 次失败后才成功，而布瓦瑟利耶仅做 10 次实验就有 5 次成功受孕，这个数字令人怀疑。

所有怀疑中，最有意味的是意大利的科学家塞韦里诺·安蒂诺里，他也是一个克隆人“爱好者”,他听到雷尔教派克隆人出世的消息后说“:这简直太可笑了。”

在对克隆人消息怀疑的同时，世界各国普遍表达了谴责和忧虑的态度。克隆技术目前尚有许多问题没有解决，比如过早衰老等，在这种情况下进行人类的克隆是十分不负责任的。而且克隆人带来的不仅是技术问题，更有人类的尊严等伦理问题。更为严峻的情况是，即使布瓦瑟利耶的消息是假的，世界上还有不少人在玩这个“危险的游戏”。

意大利妇产科医生塞韦里诺·安蒂诺里 2002 年在克隆人这个问题上闹得也很欢。11 月 26 日，塞韦里诺·安蒂诺里宣布，怀有克隆胚胎的孕妇将在 2003 年 1 月生产，但拒绝透露有关细节。安蒂诺里在新闻发布会上说，一切进展顺利，没有任何问题。但他没有说明这名孕妇的国籍和目前的住处，只是透露，超声波测试显示，胎儿目前的体重为 2.5～2.7 千克，身体非常健康。

其实早在 2002 年 3 月 9 日，安蒂诺里在罗马临床妇产科研究院举行的关于克隆人的研讨会上，就向全世界郑重宣布，他们将在 1 年最多 2 年之内完成克隆人计划。安蒂诺里在研讨会上表示，他的 300 多名因不能产生成熟的精子而无法繁育后代的病人中，有 70%的人请他克隆孩子。他说：“要攻克男性不育症，克隆可能是最后一枚利器。我们真的想在克隆领域成为第一个吃螃蟹的人。”4 月 3 日，安蒂诺里又在阿联酋宣布：“我们的克隆人工程已经进入到一个非常高级的阶段——数千名不孕夫妇志愿参加了这个工程，其中一名妇女已经怀孕 8 周！”克隆人 8 个月后出生的消息一经披露，全球舆论一片哗然。

面对形形色色的克隆人的叫嚣，反对克隆人的法律和相关措施在紧锣密鼓地进行之中。中国、德国、法国、巴西、英国、墨西哥等国政府一致声明反对克隆人，美国总统布什也表示支持众议院通过的禁止克隆人法案。此外，葡萄牙政府还承诺将规定禁止由于基因图谱原因而对人类个体产生歧视——除非为避免严重遗传疾病，禁止通过试管受孕选择婴儿性别。此前，在 2002 年 2 月底举行的联合国《禁止生殖性克隆人国际公约》特委会会议上，各国由于存在分歧，没有在《禁止生殖性克隆人国际公约》上达成全面共识。

美科学家计划人工制造新生物

美国塞莱拉公司前总裁克雷格·文特尔 2002 年 12 月 21 日宣布将发起一项新的研究，目标是利用人工合成的遗传物质，制造一种在自然界中并不存在的新型单细胞生物。这项研究由于涉及到伦理和安全问题而引人关注。

与文特尔联手的有诺贝尔奖得主、遗传学家汉密尔顿·史密斯。美国能源部已经

同意为他们的这项研究提供为期 3 年、总额为 300 万美元的资助。

新研究计划拿生殖支原体作为研究对象，这种寄生在人体内却不引发疾病的细菌只有一条染色体，其中包含 517 个基因，是已知的基因组最小的生物。文特尔等研究人员曾对该细菌进行过不少研究，并在 1999 年发现，如果将一些多余基因去除，对生殖枝原体细菌生存真正起关键作用的基因大概只有 300 个。

在新研究中，文特尔等准备首先将天然生殖枝原体细胞内的遗传物质全部去除，然后合成出含有细菌生存所需最少基因数目的人造染色体。人造染色体最终将注入去除遗传物质的中空生殖枝原体细胞，以进一步研究这种人造细胞能否存活与繁殖。

这项研究与转基因技术有根本的区别。前者是用完全人工合成的基因组代替天然的基因组；而后者是从天然存在的基因组中剪切掉一个基因，或在其中移植入另一种生物的某个基因。

文特尔解释说，他们的研究纯粹是基础性的，不是彻底人工制造一个全新的生物，而在更大程度上是一种对生命体的改造。他认为，这项研究可以从根本上加深对细胞生存最关键条件的理解。文特尔的合作者史密斯也称之为“很可能是漫长的、但富有智力挑战性的工作”。如果制造最简单生物的实验取得成功，将来还有可能在此基础上为其不断添加新的功能，比如分解火力发电厂排放的二氧化碳，或者生产可用作燃料的氢等，这也是美国能源部拨款支持这项研究的主要原因。

对文特尔的新研究众说纷纭，其中听来最耸人听闻的是“文特尔要在实验室中首次创造新生命”。美国能源部对此极力否认，认为新研究与已广泛应用的基因工程技术本质上并无区别。还有科学家认为，新研究并非从零开始、彻底合成出细胞，而是借助了天然存在的细胞外壳等，与培育出小羊多利的克隆技术非常相似，犯不着大惊小怪。但宾夕法尼亚大学生物伦理学家卡普兰指出：“利用自然界中不存在的、人工合成的基因组，不管造出什么玩意儿，都应被视为新的生命体。”

文特尔本人倒是承认，研究中涉及的技术，从理论上来说有可能用于制造新的致病细菌，甚至用于研制生物武器。但他说将慎重考虑该公布哪些研究细节，而且在实验中也会采取特定措施，以确保新造出的细菌只能在实验室“温暖的培养液”中生存。评审小组主席、斯坦福大学生物伦理学家米尔德丽德·祖表示，文特尔对研究可能产生的风险有足够认识，因此她认为研究中不太可能造出所谓的“魔鬼细菌”。

“人体配件工厂”计划起风波

2002 年 8 月的北京，一场关于“器官克隆”的争论引起人们的关注。 8 月 24 日，科技部生物工程开发中心邀请了多位专家就徐荣祥提出的“在 5 年内克隆人体所有器官”举行了听证会。虽然专家们大多对此提出了异议，但听证会并没有作出任何结论。

徐荣祥是我国烧伤湿性医疗技术的专家，现为民营企业美宝集团董事局主席、青

岛医学院客座教授。8 月 16 日，徐荣祥通过媒体宣布他与其领导的科研小组已经完成了 55 个组织器官的人体原位或动物实验的体外复制，争取 5 年时间再完成人体或动物的其他 151 个组织器官的复制，实现人类 206 个组织器官的全部原位复制，对此，京城舆论一片哗然。而包括国际细胞学会主席和 5 名中国院士在内的 9 名中外科学家则纷纷表示，这一“重大成果”疑点甚多，或短期内不可能实现。

我国“973”干细胞项目首席科学家李凌松教授表示对这一成果一无所知。但他表示，“只要是复制出器官，就肯定要解决 3 个问题，而这是 5 年甚至更长时间内根本做不到的。这 3个问题是：复制出器官的血液供应；复制出器官的神经功能，如何完成大脑的神经支配；复制器官与人体生理环境中的协调。这是一个必须融合生物工程、材料工程、干细胞生物工程于一体的多方合作项目。”李凌松还透露，承担“863”项目的曹谊林教授曾在裸鼠背上率先复制出人的耳朵，但包括曹教授本人也承认，只解决了组织器官的组织架构，复制出的耳朵没有神经、没有血管分布，没有器官应有的任何功能，只是一个“摆设”。

国家“973”计划首席科学家曹谊林认为，克隆人体器官在中国乃至世界都还处于初步阶段。建一个“人体配件工厂”并非一蹴而就的。克隆人体器官至今仍是国际性难题，在目前许多关键技术还没有解决的情况下，克隆所有人体组织和器官尚不可能。

而来华进行学术交流的国际细胞学会主席 Leonard I.Zon，应媒体约请也对此发表了自己见解。他说：“从生物学理论角度来看，专家当初对造血系统细胞的复制，通过了总共 8 个步骤，经过五六年才取得初步成功，而且只限于造血干细胞。要做到真正的人体器官克隆，会是一个非常长的研究过程，因此，我觉得 5 年内克隆所有人体组织器官是不现实的。”

几乎所有作出反应的专家，都共同强调：徐荣祥的研究成果其实是自己向一些大众媒体发布的，既没通过国家的正式认定，也没在国际权威专业杂志上发表文章接受同行的检验，缺乏一项科技成果被认可的主要条件。

面对国内外顶级生命科学专家的质疑，9 月 2 日，徐荣祥就有关专家的质疑在京召开新闻发布会，表示他所要复制的器官不是指心、肺、肾等脏器，而是医学意义上的‘组织器官’。

按照徐荣祥的解释，所谓“组织器官”是指细胞增殖形成组织，而后组织再组合成具有一定功能的单位。我们通常所说的脏器器官实际上是由一个和多个“组织器官”组成的，如肾实际上是由肾小球、肾小管等“组织器官”组成的。徐荣祥的这个“人体配件工厂”计划，不是凭空制造出“人体配件”来，而是寻找最适合的营养环境，来激活人体“组织器官”的再生本能。

据徐荣祥介绍，在多年的烧伤临床治疗中，他发现人体的皮肤中存在着一种“潜能再生细胞”，徐荣祥为它制造了一个新名词“原位干细胞”，并称这一发现可与造血干细胞、胚胎干细胞的发现媲美。他表示他已利用这一发现成功地复制出皮肤、毛囊、肌腱等 55个组织器官。“沿此方向发展，人类未来完全有可能实现手足断肢重生

的梦想。”

在对有关质疑进行澄清时，徐荣祥还对曹谊林教授的“鼠背人耳”技术提出了质疑，认为这不过是一个“抽真空显形”的魔术手段，其目前的应用性根本无法和自己所进行的这项研究相提并论。为说明自己并非“哗众取宠”，徐荣祥提出，可以把自己发现的“原位干细胞”和培养液交给有关专家，用事实来说服人。

在不久前科技部举行的相关听证会上，有关专家对徐荣祥的“组织器官”说提出了反驳，中科院动物研究所克隆技术专家陈大元教授提出的疑问是，目前在实验室复制出的究竟是组织还是器官？中科院生化细胞所所长郭礼和教授也指出，因为培养器官和培养组织是非常不同的，相比之下，培养组织要简单得多。而吴祖泽院士认为这项研究属于器官修复，并且认为如果是复制出全部人体组织器官，5年时间显然太短。

“人造子宫”孕育“福果”还是“怪胎”

2002 年新春伊始，人类生殖科学研究领域爆出令人震惊的新闻。据英国《观察家报》报道，美国康奈尔大学生殖学和不育症研究中心的科学家正在研制“人造子宫”，并且取得重大成果。

研制中的“人造子宫”采用医学材料最普遍使用的胶原蛋白为基本结构体，以取自妇女子宫内膜大量培植后的内膜细胞附于“人造子宫”上，形成“人造子宫”的内膜胞，并模拟子宫内环境，让受精卵成功着床，且在“人造子宫”内生长。由于新的子宫是用母体本身细胞制成的，所以不会存在排异反应。研究者希望在未来几年中，可以利用这些技术制造出完整的“人造子宫”，帮助不易着床或着床之后容易流产的妇女解决生育上的困扰。当然，未来的“人造子宫”也可以让男人怀孕。当女人因故不能怀孕生孩子的时候，她们的丈夫可以取而代之，成为“妈妈先生”。

这在技术上已经完全解决了。方法之一是在男子的腹腔上做一个“人造子宫”，接着注入孕育生命不可缺少的液体，然后由医生从夫妇两人身上取得精子和卵子进行人工授精，成功后把胚胎植入男子的“人造子宫”中，最后通过剖腹产取出婴儿。更常使用的方法是男性腹膜怀孕，将于试管中养成的胚胎放在男子靠近肠脏处的网膜脂肪组织上，每隔一段时间注射一定剂量的雌性激素，使他体内的激素状态与普通孕妇的情况相似，胚胎便可发育成功。难怪有些科学家惊呼：“男人怀孕的时代即将到来！妇女解放了 男女平等了!”

美国科学家研制“人造子宫”的消息披露后，如同在国际社会扔出一颗集科学、伦理、宗教、法律等诸多问题于一身的“炸弹”，再次引起各界人士的密切关注和震惊。

支持者认为，“人造子宫”是社会发展的必然阶段，是科技发展的必然结果。今后，人类可以选择两种生育方式，一种是自然的、自身的，另一种就是选择“人造子宫”。未来的某一天，当夫妻两人想需要一个自己的孩子，只要取出男人的精子和女

人的卵子，放到“人造子宫”中， 10个月后，就会有一个生命的结晶诞生。有了“人造子宫”，并不意味男人可以不需要女人，而是男人和女人可以不必为了生育而做爱，使做爱更具有享受性。它使计划生育将更为现实，社会可以根据全社会劳动力需求而安排人类的生产，做到有计划性。总而言之，“人造子宫”将是一场伟大的革命。

反对者指出，“人造子宫”技术牵涉到的法律、伦理、道德问题，要比其他形式的试管婴儿、借腹怀胎技术要复杂得多。这种技术引发的伦理道德问题是深远的，即使研究者的目的是为了探索科学发现，但它的负面影响也不容忽视。任何“人造子宫”的尝试都将给母亲和后代带来严重的风险。这个问题解决不好，会给社会造成混乱，也不利于妇女的保护。胎儿在子宫里不仅是生长发育，而且还在与母亲进行情感的交流。在母亲的子宫内，母子血脉相连、骨肉情深。事实证明，在“十月怀胎”这段时间里，母亲的情绪对婴儿未来的心理、智力发展，都极为关键。很难想象，在“人造子宫”里生长的孩子、在没有和母亲有情感交流的情况下出生的孩子，他们的心理、智力发展水平会是什么情况。还有，从“人造子宫”里出来的孩子，他们是否能够得到社会的尊重？所以，“人造子宫”有着很多的问题需要解决，不单是技术上的难题。归根结蒂，人不仅仅是生物的人，他还是一个具有文化传统的人。作为一个生物的人，他可以不择手段地去追求生物学意义上的效率的最大化；但作为一个具有文化特质的人，他还必须反思他的所作所为。当然，文化意义上的“人”与生物学意义上的“人”又是统一的。因为，所有的文化习俗，从根本上来说，都是为了有利于人的生存，尤其是一种长远的、健康的或者还是体面的生存。

可以预料，在未来的一段时间里，围绕“人造子宫”是非曲直的争论还将继续下去。但愿“人造子宫”孕育出的是全人类的“福果”，而不是高科技“怪胎”。

人类移植猪器官是灾难处方吗

2002 年 1 月 2 日，总部设在苏格兰、曾经克隆多利羊的 PPL 制药公司宣布，他们的科研人员运用克隆技术，以及专利认证的基因技术，已经成功地克隆出世界上第一批经过基因改造的小猪，人类向移植猪器官又迈出了重要一步。

据 PPL 公司介绍，5 只基因改造小猪已经去除了一个会引发人体排斥的基因，大大增加了人体移植猪器官的可行性，这项技术也可能扩大用来治疗糖尿病、帕金森症以及老年痴呆症。

紧随 PPL 公司之后，又有一家美国公司普拉瑟尔也声称克隆出了基因改造猪。

由于猪器官的大小与人的相似，因此如果进行异种器官移植的话，猪器官是最佳也是最终选择。可是，猪体有人类所没有的一对特殊基因，名为 GGTA1，由它们协助产生一种依附于猪细胞表面的奇怪的酶，当猪器官移植到人体后，这种酶可以使猪器官在数小时内死亡。因此，猪身上的这种独特基因便成为人类移植猪器官的最大障碍。

当前难题是要培育出体内完全没有 GGTA1 基因的小猪，PPL 制药公司声称，他们已有一头怀有只有一个 GGTA1 基因的小雄猪的母猪，年底便会临盆，与此前克隆的雌猪交配后，其后代便有四分之一机会为完全剔除掉 GGTA1 基因的小猪。

普拉瑟尔和 PPL 公司都承认，他们只是排除了两个奇怪基因的一个，因此，那些经过基因改造的猪仔还是会产生出那种可怕的酶，这样，这些猪仔的器官还是不适合移植到人体。

基因改造小猪已经出生，有评论人士甚至相信，日后我们几乎可以如同买猪肉般订购猪器官。但也有一些科学家认为，最起码到目前为止，人类植入动物器官还有许多潜在危险，包括因植入猪的细胞而感染类似艾滋病病毒的独特病毒。

主宰器官组织配对的基因多达 600 种，虽然没有必要完全处理所有 600 种基因才可防止出现排斥现象，但只剔除一部分显然不够。此外，医学界还普遍担心，只有在猪身上才会出现的“猪内源性逆转录病毒”（PERV）会通过器官移植传播到人类身上。

人类移植猪器官，除了一些技术难题没有解决外，衍生的道德问题也难解决。人类与猪毕竟并非属同一物种，让异类物种器官植入人类体内，始终会惹起道德争议。至今，人类已成功克隆出羊、牛、老鼠，主要是用作生产蛋白质等医学产品及优质肉食，克隆猪却是用来生产移植用器官。

“负责任的移植运动”是一个由反对跨种移植的科学家和医生组成的组织，该组织负责人表示：“将猪器官移植到人身上，是一个灾难处方。每一头猪其实都是一个病菌库，将猪的器官移植到人身上，我们真的不知道会出现什么后果。”

其他一些人士也表示，科学界应该严肃对待猪身上的病菌，迄今为止，如何处置这些病菌，科学家并没有找到解决办法。美国克利夫兰诊所伦理协会主席乔治·阿吉奇指出“:在移植猪器官这个问题上,我们应该慎之又慎。”

“人体骨”与“纳米骨”断骨再生不是梦

由国家“973”组织工程项目首席科学家、上海第二医科大学附属第九人民医院教授曹谊林领衔的上海组织工程研究中心，连续将构建的“组织工程化人体骨”用于临床修复缺损患者，在 2002 年获得巨大成功，成功地为 20 例齿槽裂、黎状孔凹陷、先天性颅面畸形等骨缺损患者施行修复。这一成果通过了上海市科委主持的专家鉴定，标志着我国医学已走出以“创伤”修复创伤的传统治疗模式，步入复制和构建组织、器官的崭新时代，在日本召开的第五届国际组织工程年会上引起了美、日、英、法等 20 多个国家的 400 余名代表的极大震动，组织工程创始人——哈佛大学著名科学家瓦康迪教授感慨地说：“在我有生之年终于看到了组织工程研究临床应用的光明前景。”

组织器官的缺损或功能障碍是人类健康所面临的主要危害之一，也是引起人类疾病和死亡的最主要原因，组织工程是在细胞和组织水平上操作的生物工程，主要致力

需要全本请访问 www.ertongbook.com