

# 克隆技术的发展历程及其启示

王福涛

(华中科技大学 哲学系)

## 1 克隆的语义来源与定义

英文“clone”一词最早出现于英国遗传学家霍尔丹(J.B.S.Haldane)在1963年所作的,题为“人类种族在未来二万年中的生物可能性”的演讲中。它语源于希腊文“klone”,意为植物的无性繁殖。即,将植物的根、茎、叶等经过压条或嫁接,待插条发芽后,得到遗传物质组成完全相同的新的植株。而汉语“克隆”是英文“clone”的音译。

在音译“克隆”被创造出之前,“clone”曾被意译为“无性繁殖”,但事实上“clone”与“无性繁殖”并不同义。所谓“克隆”是通过人工分子生物学操作以实现“无性繁殖”(asexual reproduction)的过程,这一过程无法在自然条件下发生,必须有“人工”介入。而无性繁殖,是指不经过雌雄两性生殖细胞的结合,只由单一细胞或共同祖先经有丝分裂而得到的,可连续传代并形成的细胞群体或有机群体。因此“clone”是达到“无性繁殖”目的的手段。为了能正确表达“clone”概念的内涵,在我国著名遗传学家吴昊昊教授的建议下,学界不再将“clone”译为“无性繁殖”,而以“克隆”代之。

“克隆”有两种方式:胚胎切割、细胞核移植。胚胎切割是模拟自然产生同卵孪生的情形,将单一胚胎的细胞或细胞团多次分离,得到两个或两个以上彼此独立、遗传上同样的全能性干细胞,而后再将分离后得到的全能性干细胞移入雌体,使其在子宫中发育成胎儿的克隆方式。相比较而言,细胞核移植技术发展的要完善一些,是目前克隆所采用的主要方式,这一过程大致分三步进行:

(1) 先将含有遗传物质的供体细胞的核移植到去除了细胞核的卵细胞中。胚胎细胞与体细胞均可作为供体细胞,但体细胞已不具有全能性,它的全能性必须通过技术处理才能恢复,这使克隆体细胞的技术难度加大;

(2) 人工控制给移植后的细胞以外部刺激,使细胞核与去核的卵细胞融为一体,成为一个新细胞。其后,再进一步促使这一新细胞分裂繁殖发育成胚胎;

(3) 待胚胎发育到一定程度后,将其植入动物子宫中使动物怀孕,进而借腹形成胎儿,最终产下与提供细胞者基因相同的新生命。

但无论采取何种方式克隆,作为基因工程的一种,它都必须采用生物化学的方法,在体外将各种来源的遗传物质(同源的或异源的、原核的或真核的、天然的或人工合成的DNA片段)与载体系统(病毒、细菌质粒或噬菌体)的DNA结合成一个复制子。这样形成的

杂合分子可以在复制子所在的宿主生物或细胞中复制，继而通过转化或转染宿主细胞、生长和筛选转化子，最终才能实现无性繁殖。

“克隆”与“复制”不同，尽管克隆个体和原本的基因完全相同，两者从遗传结构上可以看作兄弟姐妹关系，但克隆个体是经历一个过程发展后所得的结果，因此，它不可能像复制品那样与原本一模一样。首先，就时间而言，克隆个体必需经过胚胎发育和胎后发育后才能独立地存在。因此，克隆个体与原本之间必然存在着年龄差异，两者间是亲子关系，克隆个体间仍然有“代”的概念；其次，就空间而言，克隆个体与原本在发育过程中所处的环境不同，它们各自所受的环境影响与调控也必定不相同，因此造成的发育结果也必然存在差异；最后，就内因而言，采用“细胞核转移技术”，存在于卵细胞质中的遗传物质，对捐赠细胞核产生的影响必定同原本细胞质中的遗传物质产生的影响不同。所以，不能把克隆个体看成是原本的复制品。

## 2 克隆技术的发展历程

### 2.1 克隆技术的产生背景

克隆技术的诞生是生物科学发展演进的必然产物。进化论思想为克隆技术的诞生提供了认识论上的依据；实验胚胎学的发展则为克隆技术的诞生做了方法上的准备；而遗传学理论、分子生物学为克隆技术的发展与完善创造了知识基础。

1859年，达尔文的《物种起源》出版引发了一场科学革命，到克隆技术诞生前夕，这场革命所带来的科学范式地转化已基本完成。达尔文主义的主要观点：进化论、自然选择学说被广泛接受。进化论中“生物进化只有渐变”、“生物进化过程具有连续性”的论断隐预了生物性状的相对稳定，而正因存在这种稳定性，才使技术控制生物遗传有了可能。认识论上，达尔文进化论否定了“神的预见性”，自然法则成为最高规则，人类被纳入自然序列，进化论使拉美特里“人是机器”的命题以一种新的方式出现。有机体不是机器，但外部作用能向外力决定机器的运转那样影响有机体，生命向的唯物化方向又迈出了一大步，人作为单纯的物质存在没有什么是不可认识的。达尔文革命发生前，宗教哲学“无处不在的上帝”的思想统治地位已被机械论哲学的“钟表匠上帝”所取代，而《物种起源》的出版无疑将主宰世界的权杖又从“钟表匠上帝”手中移交给了人类自己；而自然选择学说则否定了“目的论”，环境及外部控制在生物进化过程中的决定作用得到增强。自然选择学说所确立的“自然论”观念更相信自然界中过去的状态以正常的因果律的形式决定着现在。找到事物发展过程中的某个状态与外部动因，那么紧随其后的状态就完全可以推导出来。这在方法论上使将复杂的整体系统分化成受固定结构控制的、各自分离的简单局部分别予以研究的研究方式具有了合理性。

尽管达尔文主义仍有旧范式的残迹，如达尔文将“获得性遗传”看作进化的一个辅助因素，这使生物进化在一定程度上仍然存在“目的性”，但新的范式已为科学家共同体所接

受，进化论在新范式下被不断修正与完善，而因果律、还原主义在生物学研究中的影响也越来越大。达尔文主义的“获得性遗传”理论最终被进化论所摒弃。细胞核是遗传的基础在 1884~1885 年被德国生物学家魏斯曼 (August Weismann) 等科学家所证实；三年后染色体被发现，这使“获得性遗传”理论在 1892 年魏斯曼提出的“种质论”中受到最有力的批判，达尔文主义最终发展成为新达尔文主义。魏斯曼将细胞分为两类：生殖细胞、体细胞。生殖细胞只能由生殖细胞产生而不能由体细胞产生，产生生殖细胞的细胞称为“种质”，细胞遗传信息决定细胞功能。魏斯曼猜想，在生物的卵核中存在着许多构造个别器官的原基 (anlagen) 或微小的基本的发育机器。在发育过程中，这些原基随着细胞分裂而逐渐分离，分离后的胚原基定位于不同的区域、它赋予这些区域特定的性状，并最终决定发育成熟的有机体的组织结构和解剖结构，从而使“种质连续性”世代相传。虽然“种质论”理论显得很粗糙，许多观点都只是假设，对遗传变异的真正来源也未给出解释，但它将自然选择视为进化的唯一动力的思想却将进化的“目的”彻底剔除，将生物的进化视为是对外部环境挑战的回应，进化与否取决于生物面临环境挑战时的易变程度，外因的决定性作用被置于前所未有的重要位置。而克隆技术正是一种以人工的外部操作决定生物发育的技术，“种质论”的创立为克隆技术的诞生提供了理论基础。

为了寻找能证实进化论观点的更充足的根据，生物重演律的提出使科学家们开始重视胚胎学领域的研究，而实验胚胎学的创立将实验的方法引入了胚胎学研究，1894 年，实验胚胎学的创建人 W·鲁 (William Roux) 提出要通过物理和化学的途径研究个体发育中的变化，这更使克隆技术的诞生有了方法上的可能。1900 年，德国生物学家赫脱维奇和汉斯·杜里舒 (Hans Driesch) 做了世界上最早的克隆实验——海胆实验，“种质论”被证实。杜里舒在海胆的受精卵第一次分裂成两个细胞之后，将这两个胚芽细胞切开并分别培育。实验结果并不象人们所预料的那样：半个胚芽只能发育成半个动物。而是受遗传程序的作用，胚胎发育呈现定向性，分离的每半个胚芽都发育成了两个完整的成体。在进化论的范式下，遗传学研究所取得的成果正好能为“种质连续性”提供科学地解释，这使得孟德尔遗传规律的价值在这一年开始被人们所重视，经典遗传学说逐渐被分子遗传学所取代，而克隆技术的知识基础正是由分子遗传学发展而来的分子生物学。

在达尔文的范式下，一些遗传学家试图把生物的特性简化为原子式的单元，而且这些单元的出现与组合又为概率定律所支配。1902 年，遗传学家鲍维里 (Theodor Boveri) 和萨顿 (Walter Sutton) 证明染色体携带遗传信息，染色体理论被修正提出，同年，胚胎早期细胞保留了个体的所有信息，即细胞具有潜在的全能性被德国实验胚胎学家斯佩曼 (Hans Spemann) 发现，“多利羊”后来的诞生正是对细胞的全能性特征予以应用的结果。染色体理论与细胞全能性特征的发现使人们对遗传的认识向前迈出了一大步。随着对染色体研究的深入，DNA 分子结构的四核苷酸学说在 1909 年被科学家们普遍所接受，该学说认为 DNA 分子含有四种碱：两个嘌呤 (鸟嘌呤和腺嘌呤) 和两个嘧啶 (胞嘧啶和胸嘧啶)，一个磷酸盐，一个糖，尽管科学家们还不知道这四种碱之间的联结方式，但种质的实质已经基本被揭

示。此时，丹麦科学家威·约翰逊进而将基因(gene)作为遗传单位和基因型-表型的概念首次提出，七年后，C.布里奇斯(Calvin Bridges)发现基因位于染色体，遗传物质的最小功能单位从“组织”缩小为基因。其后，经过大量的实验，摩尔根(Thomas Hunt Morgan)在1926年发表了他的《基因论》，基因遗传理论得到系统化、成熟化，虽然此时“基因”还只是假说而不是物质实体，但摩尔根已经认识到基因之所以稳定不变是因为它代表着一个有机化学统一体，这一理论上的突破使作为克隆技术的作用对象最终被确定有了可能。

在基因遗传理论的指导下，斯佩曼在1928年选取比较容易观察的低级生物——水螅为实验对象，按照严格的“因果律”进行了首次核移植实验并获成功，克隆技术创生。

克隆技术在由克隆原核生物发展为克隆真核生物，由胚胎细胞克隆发展为体细胞克隆的过程中遇到了三个关键性问题：一是对遗传物质的化学本质、物理构造、功能作用还缺乏必要的认识，高等生物的染色体组成成分虽然与低等生物的染色体组成成分相同——都是核酸，但高等生物的染色体类型却远比低等生物的染色体类型复杂，科学家们对较复杂的染色体类型知之甚少，而不同的染色体类型所具有的不相同的遗传功能；二是在体外使各种来源的遗传物质与载体系统的DNA结合成复制子的技术还缺乏理论依据，分化程度较高的特化体细胞的再生能力弱，其遗传结构变化的不可逆性是否可以克服还不得而知；三是将卵细胞与供体细胞融合并进而使两者的细胞周期同步，在技术上还无法实现。从技术角度看，克隆技术的发展历程就是这四个问题不断被解决的过程；从认识角度看，克隆技术的发展历程是将复杂的生命系统逐步还原为一系列简单构造的叠加的过程。

## 2.2 克隆技术的早期发展

在斯佩曼的水螅实验之后，核移植实验做得很频繁，克隆技术因此迅速得到完善，尤其是1936年C·斯特恩成功的使体外培养的小鼠细胞发生融合，选取高级生物作为实验对象出现可能，以至斯佩曼在1938年乐观的预言了克隆高级生物的可能性，他设想采用细胞核移植技术，从发育到后期的胚胎中取出细胞核，将其移植到卵子中，用这种方法来克隆动物。斯佩曼称他自己的这一设想为“奇异的实验”，而这正是生殖性克隆所采用的基本途径。但回顾克隆技术的发展史，只有当遗传学研究被还原到人们所熟知的物理与化学层面时，用技术操纵高级生物的遗传与繁殖才有可能。而当时，“奇异的实验”因超出了这一技术维度，因而只能停留于难以实现的设想中。

从30年代后期起，胚胎学开始与当时新兴的学科——遗传学结合，实验中不断取得研究成果，这些使遗传学研究呈现出繁荣景象，而理论上的创新往往是使技术产生质的飞越的前提。由于二战的爆发，遗传学研究的中心由欧洲移到了北美。1941年，美国生物学家比德尔(G.W.Beadle)开创生化遗传学，提出“一个基因一个酶”的假说，该假说在1964年被充分证实，成为遗传密码概念的理论基础。“一个基因一个酶”对基因在发育中的作用给予了合理的阐释，即基因决定蛋白质，蛋白质决定代谢作用，代谢作用决定各种性状，使遗传学中对基因的功能的研究和生物化学中对蛋白质生物合成的研究被沟通。按照一个

基因一种酶假设，蛋白质生物合成的中心问题有两个：一个是遗传密码问题，即蛋白质分子中氨基酸排列顺序的信息究竟是以什么形式储存于 DNA 分子结构之中，另一个是蛋白质生物合成问题，即遗传信息从 DNA 向蛋白质分子转移的过程是怎样的。复杂的生物遗传过程被还原理解为是一系列具有严密因果关系的化学反应相互作用的结果。三年后，遗传学家埃弗里 (Oswald Avery) 在肺炎双球菌实验中证实，转化因子是脱氧核糖核酸 (DNA)，遗传的物质基础因此被阐明，基因得以从假说发展成物质实体。到 1952 年，DNA 携带遗传信息的功能被赫尔希 (A.Hershey) 的噬菌体浸染细菌实验所证实，将遗传问题还原为化学问题的研究方法有了理论依据。但是，尽管 DNA 的化学成分此时已为人所知，但人们对决定其功能的分子结构尚不知晓，遗传问题还缺乏物理上的还原，这一理论缺陷使当年英国遗传学家金 (King) 所做的首次克隆高级动物的实验——克隆青蛙实验失败。

第二年，沃森 (J.Watson) 和克里克 (F.H.C.Crick) 根据威尔肯 (M.Wilkins) 的 DNA X 光衍射资料提出了 DNA 双螺旋分子结构模型。以前，科学家们虽然对 DNA 的化学组成了解得不少，但是对 DNA 分子作为一个整体的了解及其生物学功能却知之甚少，DNA 双螺旋分子结构模型地提出使这一理论空白终于被填补，人们对 DNA 是遗传物质不再有丝毫怀疑。而以往困扰科学家们的组成 DNA 分子的四种碱之间的联结方式也在这一年被最后确定，运用物理与化学的方法来研究生理问题的分子生物学诞生。1955 年，美国分子生物学家本泽用基因重组分析方法，研究大肠杆菌的 T4 噬菌体中的基因精细结构，其剖析重组的精细程度达到 DNA 多核苷酸链上相隔仅三个核苷酸的水平。这一工作使分子遗传学和经典遗传学在概念上被沟通。生命完全被还原为一系列相互作用的物理与化学反应。理论的突破促进了技术的发展，核移植实验的成功率越来越高，实验所选取的供体细胞的分化程度也越来越高，选取完全分化的细胞为实验供体终于在 1958 年实现。史蒂沃德 (F.C.Steward) 用完全分化的胡萝卜根细胞成功培养出了胡萝卜植株。

此后，“科学的技术化”与“技术的科学化”的趋势在克隆技术的发展历程中越来越明显，这种趋势使科学与技术之间的依赖关系日益强化。1960 年，霍利德 (R.Holliday) 进一步完善了 DNA 双螺旋分子结构模型，他提出双螺旋 DNA 分子交叉结构中存在异源双链 (hetero-duplex)，即每个双链有一部分来自另一个双链中对应部分。该理论很快就被应用于技术之中，科学家们做了许多实验，不断取得成果，第二年，塔考斯基 (Tarkowski) 等将小鼠卵裂期不同品系的胚胎细胞聚集后，成功地形成了嵌合体小鼠；此时，生物学家对遗传单位的分子化学性能以及较复杂的染色体类型已有相当程度的了解，运用技术手段，技术目的基因与载体已能找到，干预复杂的生物遗传过程有了可能。在这样的研究背景下，法国遗传学家弗朗索瓦·雅各布 (Francois Jacob) 提出基因调控概念，克隆较复杂的生物的条件逐渐形成。

1962 年，英国生物学家戈德 (John Gurdon) 宣布他用非洲爪蟾的体细胞成功克隆出了蝌蚪。他将非洲爪蟾的卵置于紫外线照射之下使其细胞核被破坏，然后从非洲爪蟾的表皮细胞中取出核，放入去核卵细胞中，经过发育，最后得到克隆爪蟾。这是第一次用真核生

物的体细胞为供体细胞克隆高级生物并且成功的实验。在此之前，由于原核细胞表达的基因调控比真核细胞要相对简单，克隆实验所选取的供体细胞均为植物或低等原核生物的胚胎细胞。从遗传学上看，胚胎细胞克隆出的生物仍然是精细胞和卵细胞相结合的产物，技术只是改变了胚胎的发育方式。因此，胚胎细胞克隆出的生物是供体生物的下一代；而体细胞克隆出的生物，其胚胎是“人工制造”的结果。技术在体细胞克隆中所起的作用不只是改变胚胎的发育方式，它还“制造生命”，体细胞克隆出的生物与供体生物则属同代。这种本质上的差别使人们围绕克隆技术展开了第一轮辩论。

1966年，基因编码终于被破译，结果发现一切物种所使用的遗传密码都是一样的，存在于DNA上，具有不同的化学成分与分子结构各类基因的遗传功能被揭示，人们对基因的认识又向前进了一步。这一发现后来成为基因工程的客观基础，而克隆高级生物本身就是一种复杂的基因工程，它的发展也因基因编码地破译而拥有更广阔的空间。

构建重组DNA分子是克隆动物的关键，即：把环状的载体在指定部位切断，然后把含目的基因的DNA分子插入其中，再将两者连接起来。这一过程需要两种DNA操作酶，一种是限制性内切酶（restriction endonucleases），它能象“手术刀”一样在特定位点切开DNA分子，使生物学家克隆分离出带有遗传片断；另一种是连接酶（ligases），它能将切割出的遗传片段“黏合”起来。科学家此时已对细胞的基因调控系统比较了解，1967年DNA连接酶被分离，到了1970年，DNA限制性内切酶也被分离获得，而在此期间，1969年，科学家已分离得到了第一个基因。1972年，美国人伯格（Paul Berg）将两种不同的DNA片段成功地连接重组成一个新的DNA分子，第二年，科恩（Cohen）重组DNA组织获得成功，至此，克隆高级生命的主要技术困难都已基本解决。1977年，依尔门斯（Karl Illmensee）宣布他已成功克隆出单亲老鼠，但这一实验结果未被证实。不久，反对发展克隆技术的声音就出现了，数百名美国人来到美国科学院示威，高呼“我们不要克隆”，“不要碰我的基因！”等口号，这是第一次对克隆技术提出的抗议。次年，世界上第一名试管婴儿——路易斯诞生，加之作家罗威克（David Rorvik）的科幻小说《按照他的面貌：克隆一个人》（In His Image: The Cloning of a Man）发表，一场关于克隆伦理的大讨论在全球范围内展开。

1979年，依尔门斯宣布又克隆出了三只老鼠，但这些老鼠在生理体质上都有缺陷。在克隆技术迅速发展，克隆研究如火如荼的背景下，美国联邦最高法院裁定承认人造组织及生物具有专利价值，这使克隆研究迅速商业化，民间对克隆研究的投资越来越大，这在一定程度上加快了克隆技术的发展步伐。

1981年，日内瓦大学的研究人员利用胚胎移植技术终于培育出健康的老鼠。1983年玛利斯（Kary B.Mullis）开发出一种可加快DNA合成速度的链式技术，这给胚胎移植克隆带来很大的方便，人类胚胎被成功的从一个母体转移到了另一个母体。次年，维尔登（Steen Willadsen）克隆出一只羊，这是第一例得到证实的用胚胎移植技术克隆出的哺乳动物。1986年，他又从不同的细胞中克隆出牛，频繁进行的克隆实验也加快了胚胎移植克隆技术的完善速度，1988年，格雷纳德生物公司成功地利用改进后的胚胎移植技术克隆出奶牛。为了

使基因工程上取得的技术成就应用于人类，需要从分子生物学角度对人类遗传进行系统的研究，1990年，人类基因组研究计划项目开始，1993年，人类胚胎克隆成功。

克隆技术研究的重点，在此后转到了对目标基因与基因载体重组过程的控制、对第二、三代克隆动物的培育、以成熟体细胞为供体的克隆，“设计生命”在克隆技术的发展历程中的色彩也似乎越来越重。1995年，坎贝尔（Campbell）从不同的细胞中克隆出羊，他后来又于1997年创造了一个被注入人类基因的克隆羊。1998年，美国人怀特（White）用羊的体细胞与牛卵结合；韩国人将老虎的体细胞与牛卵细胞结合；我国将大熊猫的体细胞与兔卵结合，这些实验均获成功。

### 2.3 以成熟体细胞为供体的哺乳动物克隆技术发展阶段

体细胞克隆在技术上有三个难点：其一、由于体细胞的全能性较弱，使供体与载体的细胞周期同步化的困难大；其二、在采用技术手段，以外部刺激促使复制子的形成过程中，细胞的损伤较大；其三、哺乳动物卵的活化和附着时间非常难以掌握。

英国罗斯林研究所在1997年2月宣布，他们已在上年7月成功的用乳腺上皮细胞作为供体细胞移植克隆出小羊“多利”，这是世界上第一例利用成年体细胞核获得的克隆动物，它翻开了生物克隆史上崭新的一页，突破了利用胚胎细胞进行核移植的传统方式，使克隆技术有了长足的进展。“多利”的诞生在理论上证明了可以将已特化的细胞克隆成一个成活的个体，已特化的细胞遗传结构即使发生了变化，这种变化也不是不可逆的，理论上的突破使体细胞克隆技术的发展有了基础。为克隆“多利”所发明的卵细胞与供体细胞的细胞周期同步化的方法也使体细胞克隆在技术上的可操作性增强。但由于在刺激卵细胞分化时采取了“电休克”的方法，对细胞造成的损伤较大，“多利”的体质因此很差，身上有许多疾病，被美国《华盛顿邮报》评论称为“穿着羔羊服装的老羊”。

第二年，多利生下小羊“邦尼”，而三代有基因关联的克隆动物也被创造出来。同年，日本科学家用牛的输卵管细胞克隆得到克隆牛。但由体细胞克隆出的动物与普通动物之间是否有差异，此时还不得而知，问题在2000年6月得到解答。我国生物胚胎学家张涌用体细胞克隆出山羊“阳阳”，一年后，“阳阳”与世界上首批胚胎细胞克隆山羊交配，产出一对儿女，雄性叫“欢欢”，雌性叫“庆庆”。“阳阳”的生产证明了体细胞克隆羊和胚胎细胞克隆羊具有与普通山羊一样的生育繁殖能力。

1998年，克隆技术又得到重大改进，夏威夷大学在用胚胎细胞克隆老鼠时，采用了“火奴鲁鲁”技术，即以化学液体代替“电休克”，使细胞受到的损伤减小，这极大的提高了克隆的成功率。

克隆技术在这一阶段日益表现出“取代上帝”的特点，在此之前的克隆研究基本上是在探求生命的“永生”，并未以修改生物自身的基因，改变生命物种性状规律为目的。而今，由于商业目的的影响，后者也成为了研究的目的。就在“多利”产下小羊“邦尼”（Polly）就是一只转基因羊。2001年10月，美国科学家用核移植技术克隆获得了可供异种器官移

植入人体的转基因克隆动物——基因敲除克隆猪。

哺乳动物的克隆也越来越向“人类”逼近，科学家采用新型的胚胎分解方法于 2000 年克隆出首例灵长类动物——恒河短尾猴“泰特拉 (Tetra)”，这意味着克隆人类已不是科学或者医学问题，摆在企图克隆人的团队面前的仅仅只是后勤问题，而后勤问题要远比科学或者医学问题要容易解决，人类已站在克隆自己的大门口。同年 10 月，转基因特征明显的转基因猴“安迪”诞生。或许 2002 年在历史中真会成为“克隆年”，3 月，克隆基因与人类接近的兔子获得了成功。英国《卫报》在这年 6 月 28 日则报道了英国爱丁堡的一组科学家掌握了一种所谓“基因瞄准”的新技术，基因改造的精确性从而得到很大提高。而据“杜克大学医学中心的一项研究表明，从技术上讲，克隆人可能比克隆动物如羊、牛、猪、老鼠等要容易和安全，因为人类具有某种遗传优势。克隆人或克隆动物胚胎过度发育可能和某种基因有关，婴儿能够从父母双方体内继承这种基因，但许多非灵长类动物的父母中却有一方无法将这种基因遗传给后代。如果这一理论正确，克隆人的出生缺陷会相当低。”<sup>①</sup>

## 2.4 生殖性克隆技术

人们千古年来找到能治百病的灵丹妙药，实现长生不老梦想原本已无望，现在，克隆技术的出现使无望有了转机，人们对克隆人类的兴趣也因此越来越大。克隆人类的目的主要有三个，即医疗、生育、对特定人物的崇拜。早在 1962 年戈德成功克隆出非洲爪蟾时，就有人提出将此项技术应用于人。在商业目的与物种进化研究的推动下，克隆技术向人类克隆方向发展的趋势日益明显。1997 年，美国医生锡德 (Richard Seed) 宣布了他的克隆人的计划，他同时认为他的计划并不是什么实验，而是一个盈利产业的开端。不过他的计划“只听楼梯响，不见人下来”，其研究一直都没有什么大的进展。就在锡德宣布了他的计划后五天，19 个欧洲国家在法国巴黎签署了《禁止克隆人协议》，提出禁止用任何技术创造与任何生者或死者基因相似的人，认为克隆人有损于人的尊严，违背社会伦理道德准则，因此克隆人是不人道、不可接受的。这是人类第一份禁止克隆人的法律文件。但克隆人的尝试不仅没有被真正禁止，反而愈演愈烈。

一个多国联合科学小组在 1998 年时采用将一个人的腿部体细胞与一个奶牛的卵细胞相结合的办法就曾成功克隆出人的胚胎，但因伦理上的原因，该胚胎很快被有意销毁。2001 年 11 月，人体胚胎再次被该联合科学小组克隆出。他们通过将人的卵细胞中的 DNA 取出，然后植入体细胞的遗传物质，再让其发育到早期胚胎状态的方式，获得了一个含有 6 个细胞的人类早期胚胎。但该胚胎并不是一个人类个体，它们还处于细胞层面上，并不具有生命。而因坚持研究克隆人而被媒体称为“科学疯子”的三位科学家——美国“克隆基金”主任布瓦瑟利耶、肯塔基州列克星顿大学激素学院院长扎沃斯和意大利科学家安蒂诺里不久也宣布，他们将联手开始克隆人类。他们的行为遭到国际社会的普遍反对，8 月，支持与反对克隆人的科学家们在美国科学院进行了有史以来科学界第一次就人类克隆问题的直面交锋。伦理因素对克隆技术的进一步发展的影响越来越大，这种作用甚至是决定性的。



目前，“克隆人是否已经降临人间？”是一个待揭开的谜。最近有关克隆人的消息是 2002 年 4 月初，安蒂诺里宣布已经有三位妇女顺利怀上“克隆胎儿”。

## 2.5 生殖性克隆技术存在的技术风险与问题

目前，克隆动物普遍存在早衰早亡现象，而包括心脏病、肺部疾病、甚至严重的免疫系统疾病在内的各种病状在克隆动物中更是经常出现。事实上，生殖性克隆的成功率还很低，“多利”是克隆 277 个绵羊胚胎后唯一的“硕果”，到目前为止，动物克隆的成功率也才仅达 30%，而对于克隆人的成功率，最乐观的估计还不足 5%。有些专家怀疑这些问题的根本源于克隆技术本身，因为动物在克隆的过程中发生基因变异、免疫功能缺损的机率远远高于自然产生的胎儿。一些执意要克隆人体的科学家似乎觉得对这种风险并不值得过多的担忧，因为它们都不是不能解决的。

据《星期日泰晤士报》2001 年 8 月 12 日?报道，安蒂诺里认为“再克隆”技术，即从胚胎中取出一个健康的细胞，然后再将克隆过程重复一次的克隆方法，完全能够避免畸形婴儿的出现。他曾说：“我的技术不是克隆，而是再克隆。我不会制造婴儿父母的‘复制品’，我的目标是要造出完美的婴儿。”即使胚胎出现畸形，也能用堕胎的办法阻止其最终降生。这种控制畸形婴儿的出现的办法只是将实验的方法及安排做了重新的设置，但“再克隆”技术并未从理论上打消专家们的怀疑。

尽管人类自然生育的出生缺陷率也有 3%，如果母亲的年龄超过 40 岁，风险还会明显增加，但毕竟这种缺陷率的存在很多时候因无可选择而被归究于不可抗逆的事件之列，对此结果人们更易于无可奈何地予以接受一些。而对于克隆人的医学操作则似乎在“无可选择性”上要欠缺一些，毕竟在“克隆”还是“不克隆”上，人的选择空间远比孩子是“生”还是“不生”要大。人类的伦理是否也能将克隆人的出生缺陷率划归不可抗逆之列而予以容忍，这就不是纯技术问题了。

## 3 对克隆技术的几点反思

技术对人与人之间的关系、人与自然之间的关系有重要，有时甚至是关键性的影响，但克隆技术对人与自然的作用是以直接的方式进行的，这项技术产生与发展不仅是认识生命的结果，其存在更是为控制生命、制造生命而做的不断尝试。但生命是复杂的，人体、人的生命被视为“小宇宙”，克隆技术能否将人类的认识能力提高到洞晰这个“小宇宙”的程度？克隆技术是否能实现人类再造一个“宇宙”的梦想？我们或许能从克隆研究的方法上找到这些问题的答案。

### 3.1 还原主义的特点与历史局限

克隆技术是在达尔文革命所建立起的范式下的产生与发展起来的。从科学发展史上看，“达尔文范式”只是对由培根、笛卡尔提出，牛顿最终建立的机械主义科学范式的予以了

修正与完善而并非将其推翻。它剔除了机械主义科学范式中“自然界的绝对不变性”的观点，但它仍与机械主义科学范式信奉着同一个科学研究纲领，即还原主义。还原主义最大的特点有三个：一、将整体分割为若干个组成部分，通过对局部的剖析，最终能推导出整体的性质；二、一切事物，本质上都是物理反应与化学反应的结果，无论它们有多复杂，最终都能被还原到物理与化学层面上；三、事物是一系列的因果关系作用的结果。还原主义“化整为零”、“由简到复”、“相对独立”是一种从静态中认识事物存在状态的研究方法。“达尔文范式”作为还原主义科学研究纲领的一种历史形态，也具有这些特点。这种研究方法在物理学、化学研究中显得非常有效，但当它被应用于生物学研究时，却遇到了麻烦，生物学家难以对整体予以合理的分割，静态研究不再向以往那样总是有效。情况到十九世纪才出现转机，生物学的研究对象因物种分类学的建立成功地被“化整为零”。进化论将运动变化的观念引入研究之中，使人认识自然的视点由“静”变“动”，但“达尔文范式”“动”的基础依然是“静”，它试图将一个事物整体分解为若干的部分予以静态研究，而后把它们放入动态中进行推导，最终揭示整体本身。还原主义的研究方法在克隆技术迈入体细胞克隆阶段之前的确非常有效。其逐步失效的原因在于研究对象发生了转变，生物学研究由“认识生命”转化为“制造生命”。对制造生命而言，认识上的微小偏差都有可能对生命造成不可挽回的致命后果，这一转变使人们对认识精确度的要求从“知”提高到“确知”，而人类的认识能力有一定的维度限制，它只可能不断的接近真理，却永远无法获得它，运用还原主义的方法是是不可能达到对生命精确的“确知”。

对借用归纳、演绎的理性方法，“有限的人类”就能通达“无限的世界”这种观点，自洛克伊始就不断受到挑战与否定，休谟更是在对无限归纳基础上的因果关系提出的诘难的基础上预言了，用理性有限归纳以图穷及无限世界的梦想注定是要破灭的。后来虽然逻辑实证主义、实用主义、系统论从各自的角度对归纳、演绎的理性方法的效度予以了修正，进而发展出基于有限归纳基础上的因果关系的有效理性方法，这种修正只是避开了休谟的诘难，对诘难本身并未给予有力的反驳。因此，即使用发展的眼光来看生殖性克隆技术，未来它也难以达到我们所期望的设计并制造出完美的人的要求。

首先，整体并等于局部的叠加，系统整体性本质无法通过对整体各组分关系的推导而得到，期望在推导中确知的认识整体更是不可能做到。这犹如我们无法从对单个的器官研究中得出整个人体系统的性质，这与“割下的手指不是手指”同理。

并且，还原的方式对认识造成干扰，使认识无法真实反映系统整体性本质。还原主义者在现代也不同程度接受了整体性原则，科学研究中学科间的交叉的增多正是还原主义这一变化的反映。但整体性原则的引入并不是对还原主义的摒弃，它只是对部分与整体的关系进行了调整。经过调整，还原主义渐渐重视事物间的普遍联系，注重从局部间的联系中发现事物的本质。但，整体性原则的存在基础仍然是对事物用“化整为零”的方式予以认识，整体性原则不能使还原主义的认识方式摆脱“不识庐山真面目，只缘身在此山中”的困境。还原主义者在认识生命时，必须从整体中选取几个特定角度作为观察点，通过观察

以得到若干个片面印象，而后将这若干个片面印象予以叠加，进而推导获得对事物的全面认识。还原主义的整体性原则反对孤立、静止的“只见树木不见森林”式的还原，强调片面印象间的联系在认识中的重要作用，但它对“由树木到森林”的研究方式却并不反对。

另外，运用克隆技术“制造生命”要求全面而精确地对生命予以整体的认识，这种要求中蕴涵了一个前提，即生命是台设计精美的“机器”。这台“机器”的各个组成部分之间丝丝入扣，因果关系的逻辑鲜明。人体的“设计图”完美无缺。事实上，这个前提是否存在也存在着疑问。已有的研究成果表明，“人”作为一个进化过程的产物，其体内有进化过程留下的大量遗传垃圾，如扁桃体、盲肠等器官，而人体内存在大量的 DNA 垃圾也已被确证。人这台“生命机器”因这些垃圾的存在而显得不那么精美，“设计图”中各组分间严密的逻辑因果关系也因此被打破。运用克隆技术“制造生命”时，如果要严格按“设计图”施工，那人体内的这些垃圾是否也按原样复制？如果按原样复制这些“垃圾”，是否有这个必要？如果不复制这些“垃圾”，那么克隆技术的功能就不仅仅只是“制造生命”，它还包括“设计生命”。在生命系统中，克隆技术所依赖的生化控制往往具有多解性，当还原主义即使对环境因素予以了确定，生命微观组分的测不准性依然使它与环境间的关系难以确证，生命的设计者从生化控制的多解中做出有目的地选择的期望依然难以实现。“设计生命”、“制造生命”以生命是严密逻辑构造的产物的假设为基本前提，但这一假设前提是否存在，上帝是否真的从不掷色子？我们不得而知。如果生命最深层的本质不存在假设的严密逻辑，那么克隆人类的期望自然也就只能是个梦想。

其次，建立在分子生物学基础之上的克隆技术在认识生命、制造生命时，力求使复杂的生命反应因被还原到已透彻了解的物理、化学领域而易于控制。生命的本质并不一定是一系列相关联的物理、化学反应，之所以将生命还原为物理、化学反应，人类的知识结构特征、知识分科后各科发展的不平衡是的重要原因之一。解答生物学问题，在现阶段只有借用物理、化学工具才说得清，但物理、化学只是认识的工具，它并非生物问题本身。将认识的工具与问题本身相混淆，会造成认识的偏差。并且，还原主义者总试图将社会现象还原简化为生物现象，将生物现象还原简化为物理、化学现象，通过对物理、化学现象这棵“树”的认识与影响，以求进而认识“森林”。认识对象的本质与信息，在每一步还原中都有被歪曲的可能。在还原主义的范式下，为了维护其科学纲领的内核，即使认识的对象无法完全还原到物理与化学层次，还原主义者通过假设依然能达到还原的目的，但这种做法所付出的代价是事实可能会被扭曲。

第三，现代物理学革命的爆发使因果决定论受到很强的冲击与怀疑，“拉普拉斯妖”在科学中的生存空间同以往相比越来越小。而生物学与物理、化学相比，其最大的特点就在于变异现象以最普遍的形式存在，这使得偶发性与不确定性表现得更加明显。还原主义用因果推导的研究方法只能从概率上揭示生命进化的趋势，但趋势下更具体的生命变化，则无法向物理学、化学那样，用精确的定量分析给做出准确描述。能用精确的量化予以描述的物理学、化学，只能在必然层面上对生命的表层现象做出解释，但这绝不是对生命终极

本质的揭示。因此，还原主义并无至上的理性使克隆技术在“制造生命”的过程中能将存在于生命发展趋势下的偶然予以控制。

因此，克隆技术自身存在一个无法逾越的技术维度，使用这种技术可以“制造生命”乃至克隆人类，人类可以认识、改造“小宇宙”，但永远无力制造出一个完美的“小宇宙”，它超出了克隆技术维度的边界。用克隆技术制造完美人类的希望就象期望用物理知识发明出永动机那样永远不可能实现。

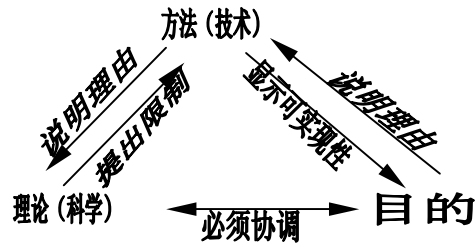
### 3.2 科学没有禁区

在“对科学是否应当设置禁区？”这个问题上存在的意见分歧过去很难调和，究其根源，分歧因双方在对科学的价值本质认识上存在的巨大差异而生。

基础主义（foundationalism）者与自然主义（naturalism）者大多将科学认识合理性的客观基础纯化，科技因此被看成是文化中最有价值的部分，是人们改造自然的“新工具”，其本身的价值自然是中立的。将技术定性为一种“新工具”使得技术产生社会负效的原因更加容易的被归咎于使用技术的人而非技术本身。其后，事实——价值两分观被马克斯·韦伯引入了对科学的价值本质认识中，科学价值中立说似乎有了更加有力的理论依据。马克斯·韦伯认为“价值”是一种内涵较模糊的概念，它充满了激情与先见，正是因“价值”的介入才使两种意见针尖对麦芒地相持着难有结果，因此，要解决问题就需要拒斥“价值”这类形而上学的概念，用“奥卡姆剃刀”将它们剔除。因此，控制技术的负效关键在对技术的使用者的行为予以约束，而不在于约束科学本身。设置“科学禁区”只会阻碍文明的进步。

但“科学价值中立说”对待技术所持的“新工具”观与事实——价值两分观一直为反对者所批判。海德格尔就曾说过：技术并不只是一种工具，它更是一种具有很强的价值导向作用的“座架”。而库恩所开创的科学哲学中的历史学派则令人信服的论证了事实——价值两分法的弊端，费耶阿本德甚至对科学与非科学、科学与意识形态间存在明显的界限也给予了否认。既然科技也是一种带有价值印记的普通社会活动，那因科技所产生的社会负效就不应仅归责于使用技术的人，技术本身也是在责难逃，而为科学设置禁区自然是对这种负面效应予以控制的必要手段。

随着对“对科学是否应当设置禁区？”问题研究的不断深入，消除双方的意见分歧出现了可能。劳丹沿着历史学派的方向对科技与价值间的相互关系做出的比以往更为清晰的阐述，提出了科学合理性的网状模型。他认为：“价值观、方法论和事实陈述在相互依存的关系中不可避免地彼此缠绕在一起。”其具体关系如辩护的三角网示意图：



**辩护的三角网示意图**

从图中不难发现，劳丹把解决问题作为评价科学合理性的价值标准，目的在这里显得尤为为重要，“对（科学）进步的判定必须相对于某一组目的。而且并没有哪一组目的是唯一适当的。”对目的的评价与调控成为消解技术负效的关键，这与科学价值中立论者强调约束技术的使用者行为而非设置科学禁区的主张有着相通之处，因为目的的实现依赖于使用技术者的行为，所以无论科学的价值是否中立，都有必要对科技活动参与者的目的与行为应予调控。在人们选择何种方法（技术）问题上起决定性作用的是目的而非方法（技术）本身。因此，确切地说：科学没有禁区，但希望运用科学实现的目的有禁区。为科学设置禁区的思想其实想通过减小特定目的的可实现性的办法使得特定目的最终落空。但只要特定目的没有彻底根除，制约其实现的方法（技术）瓶颈终究会被突破。事实上，在科学发展的历程中，众多的实例也证明：用设置“科技的禁区”的方法控制技术的负效从未成功过。造成“科技的禁区”被突破的原因正是在于“目的”与“价值”调控的失效，其具体有四种表现形式：

一、科学禁区并不总是规避科学的负效的产物，社会观念、认识水平也能导致科学禁区的划定。但社会观念、认识水平并不是永远不变的，当观念、认识与科学不再存在冲突时，禁区也就失去效力。人体曾经被认为是不可侵犯的，这使得人体解剖学一度成为科学禁区。解剖学家因观念与社会公众不一致而屡屡突破禁区。后来人们的观念发生改变，公众接受了解剖学家的观念，这一禁区也就失效；而因意识形态的原因，前苏联曾将心理学判定为伪科学而禁止，后来认识变了，心理学在前苏联也就不再是禁区。

如果希望在全球范围内为科学设置禁区，则还需要有一个公认的“底线伦理”与价值基础存在。事实上，在价值观上达成这样的一致是很困难的。即使这种一致存在，它在世界各国间的科技实力竞争日益激烈的形势下也会非常脆弱。国家如果因科学禁区的设置而使自己在国际竞争中处于劣势，那么它将很快将禁区解除。美国曾禁止过对干细胞的研究，日本因此在干细胞研究领域超过美国，美国为了扭转局面，后来便取消了禁令。

二、科学禁区的设置以能对科学这把“双刃剑”做出泾渭分明的好坏两分为前提条件。但事实上，这种两分划分是难以做出的。评定科技效能的好坏离不开特定的时代背景与具体的社会环境，在具体的环境中，技术的好坏往往是相对的。例如，原子弹作为一种杀伤力惊人的武器无疑是原子物理科学理论与技术被消极使用的产物，但将它的产生放在“二战”的历史背景下审视，原子弹就不宜被划入“坏技术”之列。即便是能被公认的“好技

术”在特定条件下也有被异化以至产生负效的可能，如基因识别技术就会对私人的隐私造成威胁，我们所应做的不是禁止这项技术的研究，而是严格控制其应用。技术使用者的目的往往才是决定技术效能的关键。许多民用技术一旦用于军事目的，其社会效果就会截然不同，例如核技术，民用能解决大量能源的生产的问题，军用则可制造核武器。为科学设置禁区是一种将孩子与洗澡水一起泼掉的方法，它将使设置科学禁区的成本高昂。

三、当科学的禁区中潜藏着财富增殖的可能性时，巨大的利益将不断驱使科学的冒险者去突破禁区，而对这类科研越轨行为予以的社会控制具有较强的适度性，这种控制的适度性使突破科学的禁区在很多时候较为隐秘，很难被及时发现。例如，对于“克隆人是否已经诞生？”如此简单的问题，除非克隆研究者自己主动公开，否则包括政府与公众都将不得而知。“知”都尚且如此不易，试图用划定禁区来严格控制向生殖性克隆技术这样的高科技的发展，就更显得不大可能。“克隆三疯子”就曾宣称：如果他们的克隆人体研究被各国所禁止，他们将使世界上第一个克隆人在公海上诞生。

四、科学的发展往往有着固有的内在逻辑，社会的需求往往不给人类以更多的选择，当发展一项别无替代的技术所造成的损失相对小于此项技术所需解决的问题本身所能造成的危害时，“两害相权取其轻”往往使此项技术得以发展。例如化学农药有带来“寂静的春天”的恶果，但在化学农药诞生之初，不使用成熟的化学技术，粮食低产及由此所生的饥荒问题则别无他法予以解决，在长远的环境污染之害与眼下众多饥民的生存威胁两者间，选择后者当然是无可置疑的。

科学发展的历程中，牛顿力学的建立是伽利略思想发展的必然结果。而当科学的进步越来越依赖技术、方法、设备的更新，科学与技术的融合日益增强时，技术的发展也就同样具有了其内在逻辑。技术上，恒河短尾猴“泰特拉”的出现是“多利”羊技术发展的必然结果。而“多利”与“泰特拉”的诞生是为了有朝一日能将成熟的克隆技术应用于人类，造福于人类，克隆技术的作用对象终将会是人类。人类要保障科学的迅速发展就不能打破科学自身固有的内在逻辑，而为科技划定禁区以便进行负效控制的设想，本身就充满了矛盾。

因此，为科学设置禁区只能从“量”上对科技活动予以调控，它无力从根本上解决问题，国际社会为了防止原子弹、氢弹技术的扩散签订了数个公约。但事实上，如今已确知掌握此项技术的国家早已不再仅限于“五核大国”中。克隆技术的发展也以生动的实例证明了这一结论。“多利”诞生后，许多国家都对发展克隆技术采取的限制甚至禁止的手段，各国还为此制定了两个国际公约，但克隆技术从未因此而终止发展。

技术负效产生的原因有二，其一是技术自身的不完善；其二是被用于实现不当目的。对于因前一个原因造成的技术负效，通过技术的完善，负效最终是能被消除的。而对于因后一个原因造成的技术负效应，通过对不当目的予以控制进而实现调控科技活动，负效最终也能被消除。所需禁止的只是科技的使用，而对科技本身不应作限制。将生殖性克隆划为“科学的禁区”并不得当，也毫无意义，这种做法无法阻止“克隆人”的出现。但出于

何种目的“克隆人体”是有禁区的。

#### 4 结语

自现代物理学革命以来，科学范式正发生着更替。在生物学领域，综合达尔文主义（evolutionary synthesis）逐步确立其范式地位，它主张改变以往“化整为零”的研究方式，不以由“树”到“林”的方式看问题，而是由“林”到“树”的去认识事物。克隆技术还原主义科学范式发展的必然结果，而还原主义范式的局限性使克隆技术只能在一定层面，而无法在终级层次上揭示生命的本质，克隆技术的维度终将会被新的技术所突破，在此之前，我们大可不必在认识上放大克隆技术维度的范围。正因为如此，人体器官克隆与出于医学治疗目的的克隆是值得研究的，而以“设计生命”为目的的生殖性克隆研究则超出了技术的维度。

我们对科技发展的必然产物——克隆技术，人类的主观意愿无力去阻止客观规律效应的发生。消解克隆技术所产生的负效的有效方法不是逆规律而行的对克隆技术予以“禁止”，而是顺应规律的去引导其发展。