

# 重组 DNA 争论对美国生物技术政策的影响

张 树 人

(中国科学院科技政策与管理科学研究所)

七十年代初,美国重组 DNA 研究取得重大突破,进而推动了整个生物技术的发展。与此同时,围绕这项研究和发展的安全性、对生态和社会的影响及其它思想文化问题,展开了一场很大的争论。这场争论对美国的生物技术政策有重要影响。

## 一 问题的引出

1970 年前后,美国斯坦福大学生物化学教授 P. Berg 为寻求一个真核生物基因表达和调控实验模型,考虑用一种猿病毒 SV40 作为将外源 DNA 转导到哺乳动物细胞的载体。由于预见病毒与外源 DNA 之间产生特定重组体的机率太低,所以想到是否由人工合成合乎要求的转导基因组,因此形成了在体外构建重组 DNA 分子的构想,随后又设计了有关工作程序。当第一个重组 DNA 分子 SV 40— $\lambda$ gal 完成后, Berg 建议他的一位研究生将重组分子导入大肠杆菌,以探索是否能作为一种研究 SV 40 突变的有用方法。这个实验计划引起冷泉港实验室一位细胞生物学家 R. Pollack 的警觉。因为已知猿病毒 SV 40 对仓鼠是致癌的,对人的培养细胞也诱发了小肉瘤。而大肠杆菌 E. Coli 普遍存在于热血动物和人的肠道。Pollack 推想,把 SV 40 转导到 E. Coli 内,很可能产生一条人为的新的传播致癌物的危险途径。Pollack 曾打电话给 Berg 表示了自己的关切。起初 Berg 对 Pollack 的批评持保留态度,但还是就拟议中的重组分子转导实验的风险问题广泛征询意见,结果使他的估计起了变化。这一时期 Berg 集中考虑的问题是:重组 DNA 分子能否在 E. Coli 中正确表达?如不能,实验即无意义。然而携带未表达的重组 DNA 分子的载体是否仍有可能转至其它宿主而造成不可预知的后果?在这里技术与安全问题是交织在一起的。Berg 反复考虑这一问题的结论是:实验能否得出预期结果是没有把握的,但却可能导致某种尚不可知的危险。于是 Berg 给 Pollack 打电话表示:“我们已不打算再做你担心的那个实验,你的批评是正确的”。

与此事几乎平行,美国国家过敏及传染病研究所的年轻研究人员 A. Lewis 发现了一种非缺陷的腺病毒—SV 40 杂交株,而且面临被广泛扩散的危险,这就使潜在的生物危害及其控制问题引起了更大范围的关注。已知腺病毒广泛流行于人群(特别是小儿)的上呼吸道,那末,腺病毒—SV40 杂交株是否又是一条被人为创造出来的潜在致癌物的新的传播途径?1971 年 8 月; A. Lewis 在一次肿瘤病毒讨论会上报告了他的发现,提醒人们注意这种潜在的危险。然而从分子遗传学研究的角度看,这种新发现的杂交病毒株是难得的实验材料。因此当 Lewis 收到欧美近 20 多个实验室要求提供样品的函件时,他感到有必要从外部建立某种控制机制以对付这种日益复杂的局面。

为进一步弄清各种非自然发生的实验室生物危害问题,经 P. Berg 提议,由 R. Pollack 等具体组织,1973 年 2 月在加州 Asilomar 会议中心举行了有近百人参加的会议。A. Lewis 《关于 SV40 及腺病毒—SV40 杂种实验的报告》是中心发言之一,其结论是:“在 SV40 侵染人体的

长期后果……被系统地阐明之前,实验室扩增 SV40 及其杂种是有某种风险的。“这次会议上注重长远考虑,主张审慎从事的态度占上风,对日后重组 DNA 的争论有很大影响。

## 二 Gordon 会议

1973 年前后,斯坦福大学 S. Cohen 和 H. Boyer 等利用一种改进的基因拼接技术,在自己发展的载体—宿主系统的基础上,设计了一种简便可行的重组 DNA 分子扩增的工作程序。从 1973 年开始, Cohen 等成功地完成了一系列重要实验。其中最有代表性的是将带有不同抗药性标记的大肠杆菌质粒 PSC 101 与金黄色葡萄球菌质粒在体外重组后导入大肠杆菌 *E. Coli*, 显示了双重药物抗性。由于大肠杆菌与金黄色葡萄球菌分属不同种,一般在自然界是不能进行基因交换的。因此, Cohen 当时认为这个实验意味着是对通常隔离生物物种屏障的突破,意义重大。这一实验体系也为后来的重组 DNA 克隆实验所普遍采用。

1973 年 6 月在 New Hampshire 举行的 Gordon 会议是世界各国分子生物学家举行的一次学术交流的年会。这次会上有两篇报告非常引人注目。一是 J. Hopkins 大学的 D. Nathans 报告,他使用新的限制性内切酶完成了对 SV40 基因组功能图谱的分析。把这种功能图谱与核苷酸序列图谱相结合,在原则上可使随意的、精细的基因工程操作成为可能。另一篇报告就是上述 Cohen 等人的报告。头脑敏锐的人们立即意识到一个多么有力和方便的基因工程操作手段已被科学家掌握。英国剑桥大学的分子生物学家 E. Ziff 本来就对 P. Berg 拟议中的将含 SV40 的杂种分子导入 *E. Coli* 的实验持批评态度,因此他不难理解采用这项新的重组 DNA 技术会使各种有益或有害的重组体以前所未有的速度被人为地大量创造和扩增。Ziff 找到会议两主席之一的 M. Singer,请求就这项新技术潜在的危险作一些讨论。照惯例, Gordon 会议只讨论纯自然科学而不涉及伦理和社会问题。但 Singer 多年来对生命科学的社会伦理问题一直深为关注,她本人与设在纽约的一个生命科学的社会、伦理问题思想库——Hasting Center 又有密切的私人交往,因此她立即意识到所提问题的重要性。尽管没有先例,尽管几乎已没有时间安排新的议题,而且 Singer 本人也已听到了认为公开讨论类似问题会限制研究自由、拖延研究进程的议论,但经与另一会议主席协商后,她还是决心破除惯例,决定在会上用半小时时间对这个问题作一非实质性的讨论。当晚, Singer 起草了后来(1973 年 9 月 21 日)发表在美国《科学》上的公开信。信的大意是:昨天早晨会议上有关重组 DNA 分子的实验的报告是饶有兴味的,我们都分享了报告人的喜悦。原因是双重的,首先,对这些奇妙分子及其生物功能的了解是引人入胜的;其次,基因扩增的概念可能引出解决人类健康问题的有用工具。然而我们也意识到由于这种实验潜在的危险可能提出的社会、伦理问题……。会议建议科学院建立有关的研究委员会并推荐适当的准则。

## 三 Berg 的公开信

美国科学院在考虑有关研究委员会负责人的人选时, Singer 提名 Berg。Berg 在考虑这项提名时,曾与 J. Watson 就 Singer 的公开信作过讨论。Watson 对此信表示支持。当时他对哈佛大学打算进行的某些病毒研究的可能危险已变得非常关注,甚至提议建立某种法律来制止此类实验。Berg 还向 D. Baltimore 求教。多年来, Baltimore 一直致力于禁止生物武器研究的某种国际协议活动。他当时已在酝酿暂时停止某些类型的重组 DNA 实验,以赢得更充分估计风险所需的时间。

由于大量滥用抗菌素,抗药性质粒迅速蔓延到全世界,已成为严重的公共卫生问题。S. Cohen 多年来一直从事抗药质粒的研究。因此,1973年当他创建第一个分子克隆实验的载体—宿主系统时,没有人比他更清楚地认识到这种技术潜在的危险。照过去的惯例,是可自由交流已分离到的微生物样品的,但此时 Cohen 则明确要求接受他提供质粒的人保证不把致癌或有毒基因导入质粒;不去构建自然界尚不存在的新抗药组合质粒;而且不能再扩散他提供的质粒,以便追寻其分布。不久由于新的分子克隆载体相继被其它实验室发现,上述初步的自我控制已不再有效。因此 Cohen 等也要求考虑某种更一般、更有效的控制措施。

七十年代美国在病毒致癌假说的理论研究方面投入了巨大力量,发现在脊椎动物中普遍存在某种原致癌病毒基因。通常情况下,这种基因受某种不完全表达基因的控制,因此在细胞中虽能测出这种病毒合成的抗原,但并无完整的病毒颗粒释放。然而当时认为,当受X线或紫外辐射、化学诱变乃至一般实验室操作的扰动时,某些潜伏的病毒基因就可能被活化和表达。在重组DNA克隆实验中有一种“鸟枪法”,它不是先将目的基因钓取、纯化然后克隆,而是先将包含目的基因的DNA随机切割,然后再克隆、筛选。这样产生的克隆就有可能包含原致癌病毒基因,照当时的看法,因各种实验扰动和新宿主的影响,这种致癌病毒基因可能被活化和表达。由于这种方法是提取和扩增目的基因的有用方法,被大量采用,因此也理所当然地要引起对其安全性的关注。

此外,有些专家还设想了这样一些情况。例如,既然胰岛素、干扰素可用重组技术大量扩增,那末,居心叵测的人也可用这种技术生产霍乱毒素来危害于世。再比如说,能消化纤维素的重组细菌可处理垃圾,但万一进入人的肠道也可能造成无法控制的腹泻。诸如此类,重组DNA技术刚一问世,人们就已意识到它是一把双刃的宝剑了。

1974年4月,以Berg为首的研究小组在麻省理工学院举行首次会议时获悉:Cohen等克隆蟾蜍基因的实验已成功,而果蝇、鸟类、哺乳类基因的重组实验也已有传闻。一个要求放手研究的压力将迅速形成,因此必须采取有力行动来加以指导和控制。经协商由R. Roblin起草了题为《重组DNA分子潜在生物危害》的公开信草稿。1974年7月在美国《科学》杂志、英国《自然》杂志和《美国科学院院报》上分别发表了由P. Berg、D. Baltimore、S. Cohen、H. Boyer D. Nathans 和 J. Watson 等11位著名科学家签署的公开信。这封信呼吁全世界的科学家与他们合作,在尚未对重组DNA分子的潜在危险做出更充分的估计和采取适当防护方法之前,自动延缓以下两类实验:第一类是产生剧毒物质的基因以及自然界尚不存在的抗药性组合的基因扩增实验;第二类是致癌病毒基因的扩增实验。还指出对于“鸟枪”实验要慎重。信中建议美国国立卫生研究院(NIH)立即考虑建立一个顾问委员会,制定可供研究人员遵循的准则。

许多科学史家指出,在一个迅速进展的自然科学前沿,带头的科学家能够出于社会责任的考虑而要求自动延缓某些可能有潜在危害的实验,这在科学史上是罕见之举。

#### 四 NIH 准 则

1975年2月,关于重组DNA研究的国际会议在加州 Asilomar 会议中心举行。起初对大部分重组DNA实验能否安全进行,是否有必要建立某种法规或准则等问题存在分歧。幸运的是,对构建安全宿主—载体系统的研究有了进展。特别是Alabama大学的Roy Curtiss向大会报告,他负责进行的安全大肠杆菌实验可望在几个月内完成。生物防护在技术上可行,从



而使大多数重组 DNA 实验有可能安全进行,这无疑是非常重要的信息,对突破 Asilomar 会议的僵局起了重要作用。另外,几位法学家和 Hasting Center 代表的发言也促使生物学家们更认真地考虑自己的法律和社会责任,使大多数与会者倾向于接受科学共同体内部的调整。

这次会后,美国 NIH 为制定适合本国情况的、更具体的准则进行了细致的调研。1976 年 6 月,美国 NIH 发表了《关于重组 DNA 研究的准则》。其基本政策思想是“寻求科学的社会责任与科学对新知识探求的适当平衡”;“科学共同体必须使公众相信,这个新的重要研究领域的目的是尊重我们社会重要的伦理、法律和价值标准的”。准则明确了目前不宜进行的潜在危害十分严重的实验。而其余的实验“假若它将给人类带来利益或增加新知识,采用通常方法又不易取得,那末,在实验中能采用适当而合理防护的条件下,现在都可以进行”。准则对普遍采用的质粒、噬菌体及 E. Coli K-12 载体-宿主系统的安全性进行了仔细估计,认为这一系统已提供了中等程度的生物防护 ( $EK_1$  水平),而用遗传重组方法预先设计制造的系统则进一步提供了高级的生物防护 ( $EK_2$  水平)。将 4 种水平的物理防护 ( $P_1-P_4$ ) 与 2 种水平的生物防护相互组合,就形成针对不同危险程度实验类型的梯次。《准则》要求各研究机构都成立有公众代表参加的生物安全委员会。

在回顾这一段历史时, Berg 指出:“潜在生物危害问题是首先被在这个领域工作的科学家察觉和提出的。”“从那时开始的事件反映出一大批科学家的觉醒和社会责任感。我个人的观点是,《准则》比基于纯理性的要求是更严厉了些,但作为探求生物医学研究中这一有力工具的一个代价,我和科学共同体的许多人都准备接受它”。

## 五 争论的扩展

1976 年前后,围绕重组 DNA 研究及其准则的争论已从科学共同体内部扩展到社会各界,争论的问题也更广泛了。加州理工学院教授 R. Sinsheimer 的意见涉及生态、进化、科学与社会等更基本的方面,他是对重组 DNA 研究持保留态度的一个代表人物。他说他并不反对重组 DNA 研究,相信从这种研究中会得出某些出色的结果,甚至可能对人类生存是重要的。但另一方面,他认为如果缺乏明智选择则可能出现使社会和生物圈混乱的巨大阴影。他批评《准则》太局限于实验室的安全方面,而对更广泛的问题是不合适的。他质问:重组 DNA 技术的初创者宣称已“突破通常隔离生物物种的屏障”,这种突破的含义和后果是什么?在漫长的进化中,病毒、细菌与真核生物、人之间形成了精细的生态平衡。一旦重组技术突破种的屏障,某些外源 DNA 的插入赋予病毒、细菌以某些新的病原性质或创出新的病原体,就可能扩大病原微生物的生态领域,破坏既有的平衡,造成对人类健康和生存极为不利、甚至是灾难性的后果。生物是能自我复制的,因此某些有害的过程一旦开始,常常是不可逆、不可控而难以挽回的。Sinsheimer 批评了那种认为自然科学基础研究可以自由进行而不必对其后果负责的观点,指出知识就是力量,但对这种力量要适当控制,合理运用,对社会负责,有益于公众。正如在日常生活中人们虽然不能完全预知其行为的后果但并不妨碍人们采取明智的态度和选择,在对自然的探索中也必须在不确定性中寻求这种明智。他怀疑,在相当多的人不了解或不情愿的情况下,从事可能危及人类自身生存的研究是否明智?

Berg 和 Singer 认为, Sinsheimer 关切的问题也是许多负责任、有思想的人们所关切的。但什么是达到这种明智的实际步骤?他们坚持《准则》正是朝这个方向的实际努力。关于重组 DNA 研究“突破通常隔离生物物种的屏障”的含义和后果,他们认为应力求在科学实验的基础

上阐明,以减少其不确定性。

有趣的是 S. Cohen 等人在七十年代中期的一些实验工作是重要的基础研究,但又都与当时热烈争论的“物种”、“进化”等问题有关,很有启发性。例如,他曾主持过一个研究小组,对自然界中在分类学上无关的微生物物种间是否交换遗传物质的问题,进行过广泛调研。结果证实在革兰氏细菌间广泛进行着重组。在实验室条件下,他们甚至还发现大白鼠 DNA 与 *E. coli* 之间存在着不依赖 DNA 同源性而依赖限制性内切酶来识别位点的重组。然而,在自然条件下,原核及真核生物的染色体(不仅仅是染色体外的附加因子)是否也广泛进行重组呢?直到 Cohen 及其它研究小组对动物、植物、微生物中相当普遍存在的遗传因子转位现象逐步予以阐明,认为自然界中也在进行类似实验室的基因操作,反之亦然。在这个意义上,说实验室的基因操作并未“突破”而是深化和丰富了进化法则,才是比较贴切的。

重组 DNA 研究提出的一些新概念、新理论,促使人们对遗传学的思考来了一个“急转弯”。传统的看法倾向于遗传物质的稳定性。但现在了解到不仅在细菌中,而且在高等生物中有相当一部分遗传特征是变化的,不稳定的。新旧两种概念能否彼此相容呢?变换中的“不变性”是什么?如果说,重组 DNA 技术是巧夺天工的自由创造,那末在何种意义上仍必须与自然的过程、生态的规律互相协调呢?这些问题,在理论和实践方面都是很有意义的。

在这场争论中还有一方面的意见值得注意。这就是认为对重组 DNA 技术的评价,不仅要从其安全性及生态影响方面,还要从其社会效果方面进行。重组 DNA 技术的一个可能的应用题目是生产胰岛素。哈佛大学生物系教授 R. Hubbard 对此作过一个案例分析。他认为问题不在于重组 DNA 技术生产胰岛素是否可行和经济,而在于这种生产的目的是什么?据他的分析,大多数糖尿病患者的病因并非缺乏胰岛素,事实上病人分泌的胰岛素比正常人还多,而是某些靶器官对胰岛素不敏感,这涉及多种糖代谢调控过程失灵,主要原因与饮食及缺乏运动有关。胰岛素虽可控制某些极端的血糖波动,但对控制死亡率未显示什么效果。从药物治疗糖尿病的历史考察,胰岛素生产的愈多,用的愈多,获大利的是厂商。因此这种生产并非基于科学和人道的立场。在美国,滥用药物已成为严重社会问题。利用新的重组 DNA 技术进行研究、开发,不能不考虑这一点。

由哈佛大学和麻省理工学院一些研究生和博士后生组成的一个“科学为人民”的团体指出:解决诸如人类疾病、饥饿这类重大问题,主要不是缺乏可利用的新技术,而是受政治、经济因素的制约,未能合理地运用科学技术。因而,过分强调技术上的解决办法,却转移或分散了对实质问题的注意。已知人类很大一部分癌症是由环境因素和不合理的生活方式造成的,但据说“即使确认了这些原因,也不可能设计出一种为人们接受并能防止这些疾病的文明。因此美国的“国家癌症规划”(1974)曾安排了一个课题”是“为减少癌症而发展一些改变个体的手段,如改变其遗传基因的表达”。遗传甄别和基因病矫治,在理想情况下很可能提供有益的社会服务,但在美国种族、性别、劳工等社会关系都相当紧张的情况下,这些技术很可能被滥用。

1976 年 6 月,在麻省坎布里奇市围绕是否允许哈佛大学生物系在人口稠密的市区新建一个重组 DNA 研究的 P<sub>3</sub> 级实验室的问题展开了激烈辩论。类似的情况波及美国许多地方。1977 年先后有 12 个有关调整重组 DNA 研究的法案提交国会讨论,为举国瞩目一时。

## 六 重新估计风险

1977 年美国重组 DNA 研究的形势发生了重大变化。首先,在基础和应用研究方面出现

了一批非常重要的进展。如 K. Itakura 发表了人工合成生长激素释放抑制因子基因在 *E. Coli* 中成功表达的报告; F. Sanger 等使用重组 DNA 技术结合 DNA 序列快速分析法完成了对  $\phi$ x174DNA 全部序列的测定,发现了基因的重叠现象。另一方面,对重组 DNA 潜在生物危害的估计从早期假设、定性的阶段转为更多地依靠直接的实验和定量分析,认为风险并没有最初估计的那么严重的看法开始普遍为人们接受。为了在激烈的国际竞争中保持美国重组 DNA 研究与开发方面的领先地位,需要而且可能对有关的方针、政策作重大改变。

对风险的重新估计是美国改变重组 DNA 研究决策的必要条件。那末,这种重新估计是怎样做出的呢?如前所述,七十年代初 *E. Coli* K-12 是 DNA 克隆实验最重要的宿主。由于 *E. Coli* 是热血动物的一种肠道传染病原,这当然要引起人们的严重关注。然而在《准则》制定过程中,专家们已认识到,作为 *E. Coli* 的一个变种的 K-12 在实验室的琼脂糖上生活了几十年,其抗原性已变异,是非病原体,不应与致病的野生型 *E. Coli* 相混淆。K-12 通常不能在正常肠道形成菌落,大量摄入也极少繁殖。所存在的疑问是,非病原的 K-12 能否在一定条件下被转化为病原?曾有一些实验表明,某些外源 DNA 的插入和重组有利于 K-12 在肠道的生存。这一点被认为是重组 DNA 技术可能具有危害的一个最有力的证据。但 1977 年 6 月在麻省 Falmouth 举行的有各方面专家的讨论会上否定了这一点。作为最有力证据的是 W. Reed 研究所 Formal 等的一项报告。Formal 曾假定 K-12 可寄居于人的肠道,因此他们用了约 5 年时间一直试图将志贺氏痢疾杆菌的许多染色体片段导入 K-12,以期引起免疫反应制取抗痢疾疫苗。虽然可证明重组菌确实表达了志贺氏菌的抗原特性,但当这种重组体被志愿者摄入后,五天之内全部排出。这个实验表明,毒性并非就是病原性。作为病原,必须能存活于环境中,附着于宿主表面,进而侵入体内,抵抗各种免疫机制,释放毒素或干扰宿主的生理过程。这些环节的任何一个被阻断,就不可能致病。而 K-12 的非病原性是由多基因决定的,因此随机地将外源 DNA 片断插入 K-12,极不可能将其转化为病原。然而,由于 *E. Coli* 活跃的转化性质,插入的外源 DNA 是否仍有可能转至其它病原性宿主呢?经仔细实验和测算,表明这种可能性极低。

此外,随着对真核生物基因表达和调控机制研究的深入,认识到这种机制与原核生物的机制是相当不同的。因此曾经担心的原致癌基因可能通过“鸟枪法”在 *E. Coli* 这样的原核生物中活化和表达是没有可靠根据的。尤为重要的,在近十年的重组 DNA 实验中也没有发现任何实际存在的异常危害的例证。这样,大多数科学家相信,曾经设想过的许多潜在实验室生物危害的可能性极小或不存在。1978 年底,《准则》的修改稿已降低了许多实验的防护等级。到 1980 年前后,大多数重组 DNA 实验实际上可与普通微生物实验一样进行。

## 七 八十年代的新问题

进入八十年代,以重组 DNA 为核心的生物技术迅速崛起为新型产业。美国已面临日本、西欧在生物技术方面与其竞争国际市场的严峻形势。然而,值得注意的是,在新的形势下,生物技术及其产品的安全性问题,重组 DNA 争论中提出的许多生态、社会、伦理问题并非不复存在,相反,随着新课题的不断出现,仍然引起美国社会的相当关注,仍然影响着美国的生物技术政策。1984 年美国国会技术评估办公室的一份报告强调,虽然迄今没有生物技术发生危害的实例,但这并不意味着任何潜在的危害不复存在。这种危害一旦发生,“势必引起社会的强烈反应”,从而损害美国生物技术的信誉和地位。有鉴于历史教训,从长远考虑,美国有关决



策机构不能不取审慎态度。

近年来美国生物技术政策制定过程中面临一系列新课题。例如,生物技术从实验室研究进入大规模生产阶段后怎样保证生产工人的健康,生物技术进入商品化阶段后怎样确保门类繁多的商品和服务的安全和有效(例如利用多价疫苗生产的重组疫苗是否有可能突变回强毒株),生物技术的一些实验要转入外环境进行时怎样监控其生态影响,等等。美国某大学一项防止冻害的基因工程实验,因环境保护组织的反对一直未能进行。利用生物技术对人的单基因病进行矫治,已进入临床应用阶段,遗传工程的伦理考虑成为现实社会问题。有人指出,当代没有任何技术象生物技术那样有可能直接而深入影响到人本身及其后代。这就是为什么重组 DNA 争论如此令人敏感,为什么在今后相当长的时间里都将很难平复的一个深刻原因。1982 年美国特别成立了有关生物技术伦理问题的研究班子以寻求对策。

由于上述这些问题远远超过 NIH《准则》指导的范围,涉及众多的产业和行政部门,涉及门类繁多的商品和服务,涉及错综复杂的法律和伦理问题,因此 1984 年 10 月,由美国总统科技政策办公室召集,组成一个有内务、司法、农业、商业、国防、能源、劳工、健康、环保等多部门参加的一个跨部门工作小组,讨论制订一项互相协调的生物技术政策。从已发表在《联邦记录》的初稿看,该政策的基本思想是要确保美国的生物技术的安全和高效益,因此要兼顾技术安全、生态和社会多方面因素,同时考虑有利于促进这项新兴科学技术的发展,加强美国在国际上的竞争地位。这些政策思想具体化为由几十个不同法律、法则和准则组成的“网络”。

## 八 小 结

近年来,若干重大科学技术问题在美国社会引起普遍争论,是一个值得重视的现象。重组 DNA 争论是其中典型的一例。这场争论反映出当代生命科学对人类社会影响之深广,反映出美国深刻的社会矛盾。从决策过程的角度看,众说纷纭、集思广益,有利于发表创见,有利于周密的权衡,也有利于吸引广大科学家和公众关心和参与科学技术政策的制订。进行这种争论的必要条件是科学技术知识的相当普及。尽管美国拥有相当发达的宣传、教育手段,但在总结重组 DNA 争论的经验教训时,许多人还是指出,从普遍调查来看,一般公众对现代生命科学知之甚少,是亟待解决的问题。另一方面,近年来美国相当重视对生命科学的社会伦理等跨学科问题的研究,有关的研究机构、思想库、出版物不断涌现,有些方面的研究相当深入。在一定程度上,这种研究推动了美国重组 DNA 争论。而这场争论从某种意义上可看作科学与社会相互关系的大规模社会实验。美国的生物技术政策正是在这一基础上制订的。这项政策力图兼顾技术安全、生态、社会影响及促进科技发展、加强美国竞争地位等诸多方面,并以法律、法规和准则的形式明确科学家的社会责任,也同时明确社会对发展这项新兴科学技术的责任。这些,对我们不无可资借鉴之处。