

生物医药 发展战略报告

科学技术部社会发展科技司 编写

投入篇



科学出版社

www.sciencep.com

生物医药

发展战略报告

中国医药保健品进出口商会 编

投入篇

国家高技术研究发展计划(863 计划)资助项目

生物医药发展战略报告

——投入篇

科学技术部社会发展科技司 编写

科学出版社

北 京

内 容 简 介

研发投入是反映一个国家研发实力最重要的指标之一,也是开展研发工作的重要基础条件。国家对医药的投入是国家提高国民生活质量的关键,是医药保健事业发展的原始动力,是制药行业发展的生命力。本报告采用情报学分析方法和专家咨询法,对2006年以来美国、英国、法国、德国、日本及中国的政府、基金会和各主要研究机构在生命科学和生物医药领域的财政预算及科技投入进行跟踪、整理、加工,并在此基础上对各国的科技投入、优先资助领域、人才培养机制等进行深入分析,为我国科研管理提供有益的国际参考和借鉴,以期进一步增强我国生物医药研发国际竞争力,提升生物医药的产能。

本书可供决策部门、科研管理人员、研究人员、高校师生及其他广大读者参考。

图书在版编目(CIP)数据

生物医药发展战略报告——投入篇/科学技术部社会发展科技司编写. —北京:科学出版社,2009

ISBN 978-7-03-024180-1

I. 生… II. 科… III. ① 生物医学工程—科研管理—资金—研究报告—世界 ② 生物医学工程—科学技术—投资—研究报告—世界 IV. R318

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 028577 号

责任编辑:陈沪铭 韩 芳 / 责任校对:刘珊珊
责任印制:刘 学 / 封面设计:一 明

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

南京展望文化发展有限公司排版

上海敬民实业有限公司长阳印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年4月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2009年4月第一次印刷 印张:12

印数:1—1 800

字数:226 000

定价:36.00 元

《生物医药发展战略报告》

总策划: 刘燕华

策 划: 马燕合 杨 哲 闫 金

《生物医药发展战略报告》编写组

组 长: 马燕合 杨 哲

副组长: 王 震 刁天喜 高柳滨

成 员(按姓氏笔画排序): 孙继林 邹健强 张兆丰
周乃元 郑 忠 高 波

报告执笔人:

政策篇 王 震 阮梅花 高柳滨

计划篇 高柳滨 王 震 杨 渊 陈云鹏

投入篇 高柳滨 吴 慧 王 震 陈云鹏 杨 渊

机构篇 孙继林 王小理 杨 文 郑 森

园区篇 熊 燕 杨 俊 高柳滨 高培德

技术篇 楼铁柱 刘 术 张 音 刁天喜 王 震 武士华 王松俊

产业篇 吴曙霞 高云华 庞乐君 刁天喜 王 震 武士华 王松俊

专利篇 王 磊 赵晓宇 蒋 霞 倪 娜 王 震 刁天喜 武士华

王松俊

新的科技革命在哪里

当前,一场历史罕见的金融危机正在蔓延加剧,给包括中国在内的全球经济带来很大冲击,我们正面临严峻挑战。温家宝总理指出:“历史表明,每一次大的危机常常伴随着一场新的科技革命;每一次经济的复苏,都离不开技术创新。通过科学技术的重大突破,创造新的社会需求,催生新一轮的经济繁荣。”人们不禁预测:“谁”将担负起新的科技革命的重担呢?

继信息技术革命之后,以生物技术为背景的技术革命序幕正慢慢拉开。

自 1953 年 Watson 和 Crick 阐明了脱氧核糖核酸(DNA)的双螺旋结构以来,生命科学和生物技术领域取得了突飞猛进的发展。重组 DNA 技术和杂交瘤技术的应用,转基因动植物的相继问世,克隆羊多莉的诞生,特别是人类基因组等生命组学计划的完成,为人类解决饱受困扰的健康和发展等重大问题带来希望。诊断试剂和疫苗技术的不断更新,为人类抗击诸如 SARS、禽流感、艾滋病等新发传染病和重大传染性疾病提供了可靠的技术手段。重大疾病的全基因组关联分析和分子分型等技术的诞生为重大疾病治疗最终走向个体化奠定了基础。基于生物信息学的药物设计技术大大缩短了新药研发时间,降低了研发成本,极大提高了对新发疾病的反应速度。干细胞与组织工程技术的快速发展,正孕育着从技术到手段新的医学革命。生物基材料为材料领域带来了重大变革,生物能源减少了对不可再生能源的依赖,生物催化和生物转化正加速绿色制造技术革命。据统计,生物技术专利总数已占世界专利总数约 30%;在近期上市的新药中,20% 属于生物技术药物,而超过 80% 的新药都不同程度上利用了生物技术开发手段。

生物产业发展的脚步紧随其后。据世界权威医药咨询机构 IMS Health 近期发布的《2009 年全球制药和医疗前瞻性报告》,2009 年全球制药市场规模将超过 8200 亿美元。全球生物技术产业的销售额每五年翻一番,已成为增长最快的经济领域。预计到 2020 年,生物医药占全球药品的比重将超过 1/3, 10%~20% 的化学材料将被生物材料替代,生物能源将占世界能源消费比重的 5%。经过若干年的成长,生物产业完全有望与信息产业并驾齐驱。

我国生物技术经过近 20 年的迅猛发展,实力已今非昔比。

从技术成果上看,胡锦涛总书记在 2006 年全国科学技术大会上的讲话中提到的新中国成立以来特别是改革开放以来的七大科技成就中,人工合成牛胰岛素、杂交水稻、基因组研究三项属生物领域范畴。近年来,我国生物科技论文和专利数量成倍增加,在国际学术界产生了重要影响,提升了我国科技的国际地位。

从产业规模上看,我国生物医药产业正处于大规模产业化的开始阶段和上升时期。截至 2008 年 8 月,中国生物、生化制品行业销售收入达到 446 亿元,同比增长 30%。世界最畅销的前 20 位基因工程药物和疫苗大部分已在我国上市。目前,我国涉及现代生物技术的企业约有 500 家,从业人员超过 5 万人,每年新增企业近 100 家。北京、上海、广州、深圳等地已经建立起 20 多个生物技术园区。

我国生物技术和产业具有链条完整、资源丰富、发展潜力和消费市场巨大的优点,但也存在大而不强、全而不精、技术含量不高、低水平竞争等弱点。如何扬长补短,把握好生物产业特别是生物医药产业的发展机遇,为今后的产业腾飞打好基础,对于我国官产学研各界都是一个重大而十分紧迫的课题。

对此,科学技术部社会发展科技司组织专家进行了深入研究,查阅了大量国内外最新文献,积累了丰厚的研究成果,现集结成套与读者共享。

这套丛书共分政策、计划、机构、投入、园区、产业、技术、专利等 8 篇,从宏观政策思路、中观计划投入到微观技术专利等三个层面着眼,密切跟踪国内外发展动态,材料新鲜,科学严谨,言之有物。读者既可以将之作为生物医药技术和产业的普及读物,也可以将之视为专业研究工具书。

希望以此为起点,进一步开拓思路,拓展视野,深入调研,扩大战果,开展“十二五”生物医药领域的发展规划战略研究。我相信,在当前世界金融危机和经济危机波及我国的时候,在我国加紧扩大内需、增加就业、促进产业升级、确保经济增长的时候,如果我们把更多的力量投入到生物医药领域,我国生物技术和产业将完成一次脱胎换骨式的发展,我们得到的回报将是战略性的和历史性的。

刘燕华

中华人民共和国科学技术部副部长

2009 年 2 月 9 日

前 言

研发投入是反映一个国家研发实力最重要的指标之一,也是开展研发工作的重要基础条件。政府是基础研究、重大关键技术、共性技术等研发活动的主要资助者,同时政府在调配全国研发资金、调整研发投入方向上起着决定性的作用。世界各国对科技进步在经济和社会发展中发挥的巨大推动作用已经达成共识,因此,各国根据本国实际情况,纷纷加大研发投入力度,尽可能地支持研发活动,试图以此增强本国竞争力。

医药产业是国民经济的重要组成部分,与人民群众的生命健康和生活质量密切相关,是全社会关注的热点。近年来,国际上医药创新研究进展很快,尤其随着重大生物技术的突破,医药产业被誉为“永不衰落的朝阳产业”。据美国权威医药咨询机构 IMS 发布的 2009 年全球医药市场发展预测称,2009 年全球医药市场的增速将与 2008 年相当,保持在 4.5%~5.5% 的水平,市场销售额将超过 8 200 亿美元。2009 年,由于持续的药品专利到期、新产品上市减少和经济紧缩所带来的影响,预计美国的药品市场增长率只有 1%~2%,销售额约为 2 920 亿~3 020 亿美元。欧盟五个首要市场法国、德国、意大利、西班牙和英国预计明年的增长率在 3%~4%,达 1 620 亿~1 720 亿美元。日本作为全球第二大市场,预期增长率在 4%~5%,达 840 亿~880 亿美元。作为新兴药品市场的代表,中国、巴西、印度、韩国、墨西哥、土耳其和俄罗斯市场将合计增长 14%~15%,市值将达到 1 050 亿~1 150 亿美元。生物药市场增长率增幅将达到 11%~12%。Frost & Sullivan 公司一份最新报告指出,当前全球生物制药市场的收入为 450 亿美元,到 2011 年有望达到 982 亿美元。预计到 2020 年,生物医药占全球药品的比重将超过 1/3。

中国医药行业发展也比较迅速,根据国家统计局数据,2008 年 1~8 月,我国各项经济指标显示医药制造工业增长速度比 1~5 月略有下降,但仍好于全国工业平均水平,尤其是实现利润,高于全国水平近 20 个百分点,居全国 39 个工业大类中的第四位。在 39 个工业大类中,医药制造工业实现利润 506 亿元,

同比增长 39%。生物制药行业属于高科技行业,继续保持高速增长的态势。2008 年 1~8 月,生物制药行业实现销售收入和利润总额 30.3% 和 40.4% 的增长,是医药行业中盈利能力最高的子行业。但是同时也存在着很多不足,尤其是创新能力不足,这与我国研发投入有一定关系。据国家统计局数据,医药制造业新产品开发经费支出由 2001 年的 14.1 亿元到 2006 年达 55.8 亿元,实现四翻番,但我国 R&D 经费支出占国内生产总值(GERD/GDP)的比例增长缓慢。2001~2006 年我国 R&D 经费支出占国内生产总值(GERD/GDP)的比例虽然不断增加,由 2001 年的 0.95%,增加到 2006 年的 1.42%,增长幅度为 0.47%,尚不足 0.5%。从各国的 R&D 强度(按 R&D 经费占工业增加值的百分比计算)来看,我国医药制造业与其他国家相比存在很大差距:中国(4.7%)、美国(20.7%)、日本(23.8%)、德国(23.6%)、法国(31.3%)、英国(51.8%)、意大利(5.9%)、韩国(5.1%)。

国家对医药的投入是国家提高国民生活质量的关键,是医药保健事业发展的原始动力,是制药行业发展的生命力。为促进我国生物医药产业的发展,本报告采用情报学定量、定性分析方法和专家咨询法,对 2006 年以来美国、英国、法国、德国、日本及中国的政府、基金会和各主要研究机构在生命科学和生物医药领域的财政预算及科技投入进行跟踪、整理、加工,并在此基础上对各国的科技投入、优先资助领域、人才培养机制等进行进一步深入分析,以期为我国科研管理提供有益的国际参考和借鉴,进一步增强我国生物医药研发国际竞争力,提升生物医药产业的产能。

本书共分七章。第一至第六章分别对美国、英国、法国、德国、日本及中国的科技投入进行了介绍和分析。第七章对各国的科技投入现状和趋势进行了综合分析,最后对我国研发投入在管理和研究领域布局方面提出了建设性意见,供各位参考。在本书的撰写过程中,陈云鹏、杨渊参与了有关资料的采集、翻译及全书的校对工作。高柳滨、吴慧负责本书的内容精选、撰写、修改、校对等工作,王震、高柳滨负责全书的策划和审核。王小理、阮梅花、黄菲参与了部分资料的采集和整理工作,在此表示致谢!编写过程中力求数据翔实、文笔简净。但由于时间仓促,编写过程中难免存在不足之处,恳请广大读者指正。

目 录

新的科技革命在哪里

前言

第一章 美国财政投入概况	1
1.1 美国国家科学基金会 (NSF) 生物科学理事会 (BIO) 财政投入概况	2
1.2 美国卫生和公共服务部 (HHS) 财政投入概况	21
1.3 美国国立卫生研究院 (NIH) 财政投入概况	42
1.4 美国疾病预防控制中心 (CDC) 财政投入概况	55
1.5 美国财政投入分析	69
第二章 英国财政投入概况	75
2.1 英国政府科学预算概况	76
2.2 英国研究理事会近年资助计划	78
2.3 英国医学研究理事会 (MRC) 资助计划	82
2.4 英国生物技术与生物科学研究理事会 (BBSRC) 2008 ~ 2011 年度资助计划	91
2.5 英国财政投入分析	93
第三章 法国财政投入概况	101
3.1 法国国家科研署 (ANR) 资助情况	102
3.2 展望 2020——法国国家科学研究中心 12 个目标: 生命科学	105
3.3 法国 2008 ~ 2012 年老年性痴呆及相关疾病计划	109
3.4 法国财政投入分析	110
第四章 德国财政投入概况	113
4.1 德国高科技战略: 生命科学	114
4.2 德国制药业计划 (2007 ~ 2011)	115
4.3 德国财政投入分析	117

第五章 日本财政投入概况	119
5.1 2006 ~ 2007 年日本各省厅科技相关预算	120
5.2 文部科学省 2007 年预算概要	121
5.3 独立行政法人理化学研究所 2008 财年预算	126
5.4 日本财政投入分析	130
第六章 中国财政投入概况	135
6.1 国家高技术研究发展计划(863 计划)生物和医药技术领域财政投入(2006 ~ 2007)	137
6.2 国家重点基础研究发展计划(973 计划): 人口健康与医药(2006 ~ 2008)	139
6.3 国家重大科技支撑计划(2006 ~ 2008)	142
6.4 国家自然科学基金生命科学领域研究项目(2006 ~ 2007)	144
6.5 国家科技重大专项	147
6.6 中国医药领域财政投入分析	152
第七章 世界主要国家研发投入态势与我国研发投入管理分析	157
7.1 世界主要国家研发投入态势	158
7.2 我国研发投入管理分析	165
参考文献	167
附录	171
附录一: 专有名称对照表	172
附录二: 按各部门划分的 HHS 预算	173
附录三: HHS 预算组成	175
附录四: NIH 2007 ~ 2009 财年总预算机制	176
附录五: NIH 各所 2009 财年预算拨款	178

第一章

美国财政投入概况

1.1 美国国家科学基金会 (NSF) 生物科学理事会 (BIO) 财政 投入概况

一、背景

美国国家科学基金会 (National Science Foundation, NSF) 是管理国家科学基金会的美国联邦政府机构,主要负责资助全美大学和其他学术机构的基础研究、教育和基础设施建设,确保美国科学与工程各学科的全面、协调发展。

NSF 对推动生命科学各个方面 (包括从分子到整个生态系统在内) 的基础科学探索予以支持,在生命科学各学科方面具有重要的引导作用。在生物科学非医学研究方面,生物科学理事会 (Biological Industry Organization, BIO) 是各学术机构开展基础研究最主要的资助机构——占有所有资助的 66%。生物科学理事会所支持的研究旨在提高人们对生命机体功能结构及其与非生命系统结合等问题的认识能力。NSF 在生物科学各个方面研究作出了巨大的贡献,尤其是在环境生物学和植物科学方面。

BIO 支持的研究推动了学科前沿的发展,加速人们对复杂系统的了解,为其他学科的前沿研究提供了理论依据。从分子水平到整体水平,将个体生物体系统网络化,是生物学界未来的一个挑战。这些网络相互联系形成复杂的生物相互作用网络,这只有在所有生物学分支学科与其他科学和工程领域紧密合作下才能实现。

二、生物科学理事会 (BIO) 2006 年财政计划

(一) BIO 2006 财年投资计划

BIO 2006 财年预算为 57 669 万美元,其年度计划包括:

1. 推进前沿研究

对生物科学理事会核心项目,包括学科内和跨学科的研究资助增加 1 282 万美元,资助项目数量将增加到 95 项。作为这些增长的一部分,对生物学前沿研究(FIBR)连同一个理论生物学研究项目的资助共计 683 万美元。生物学前沿研究是跨学科的研究而且从事复杂的生物学系统建设。

国家科学基金会支持长期的生态学研究已经有 20 多年了。根据这个两年的战略计划的建议,将对便于跨站点合作的基础设施建设予以额外的资助。

支持所有的生物科学理事会的研究中心(包括科技中心)集中进行前沿研究,资助的资金将增长到 409 万美元。

环境生物复杂性研究(BE)和数学科学(MS)研究的经费将进一步减少,其中 2 210 万美元用于资助基础研究项目。

2. 科学与工程(S&E)计划的拓展

科研启动补助金和职业进步奖(RIG/CAA),用于支持备受关注的科研团体的科学家,并把他们培养成为未来科学工作者的榜样。对 RIG/CAA 以及与此类似的项目的资助金额共计达到 400 万美元。

3. 教育和人才

生物科学理事会资助金额将增加 55 万美元,总额将达到 169 万美元。

4. 基础设施

美国国家生态观测站网络(National Ecological Observatory Network, NEON)可以提升人们对基础生态学的理解——对完成全球综合一体化、一体化对地观测系统(Integrated Earth Observing System, IEOS)的总目标起重要作用。NEON 的研发投入将增加 600 万美元,总数达到 1 196 万美元。所增投资必须按照 NEON 的计划按时拨发,用于传感器研发和网络基础设施建设。

人力资源:增加 255 万美元用于提高基础设施的水平,包括生物学数据库的建设。

(二) 2006 财年 BIO 主要领域研究计划

1. 分子和细胞生物学(Molecular and Cellular Biosciences, MCB), 10 827 万美元

强调对包括生命网络和复杂相互作用过程的观测分析、微生物学的综合研究以及植物生物学等在内的微生物学的支持。

2. 综合生物系统(Integrative Organismal Systems, IOS), 10 039 万美元

对 IOS 核心领域的学科和跨学科研究增加资助 418 万美元。

3. 环境生物学(Environmental Biology, DEB), 10 671 万美元

对环境生物学的学科内和跨学科研究将增加资助 632 万美元。

4. 生物基础设施(Biological Infrastructure, DBI), 8 180 万美元

研究资源: 增加 255 万美元用于支持包括数据库建设在内的基础设施建设。

人力资源: 增加 155 万美元用于扩大项目的规模和支持国家自然科学基金会的 K-12 教育投资组合。

5. 新兴前沿(Emerging Frontiers, EF), 8 080 万美元

从新兴前沿内部其他项目处转移来的资金, 将允许用来增加综合生物研究项目, 支持其前沿研究, 启动一项理论生物学新项目。生物科学理事会将就生物学和社会学展开合作。研究中心的支持集中在研究主题间的合作和一体化。由于基因组数据繁多(包括植物学研究搜集的数据), 所以, 在财政预算允许范围内(836 万美元)让更多从事基因组数据研究的分析中心和综合中心参与。

NEON: 提高传感器方面研发能力(增加 600 万美元)。

通过科研启动补助金和职业进步奖励(RIG/CAA)这些项目, 增加那些来自不受关注的科研团体的科研人员加入到这些项目中来(增加 400 万美元)。

6. 植物基因组研究(PGR), 9 872 万美元

优先发展利用网络基础设施和系统生物学上的基因组—激活植物生物学的研究。继续支持自 2005 财年开始的玉米基因测序项目。

三、生物科学理事会(BIO)2007 年财政计划

生物科学理事会 2007 财政年度预算为 60 785 万美元, 比 2006 财政年度计划的 57 669 万美元增加了 3 116 万美元, 增长率为 5.4%。

(一) NSF 生物科学总投资

在 2007 财政年度, BIO 将对众多领域的研究和教育活动予以支持, 包括国家自然科学基金会优先发展项目和行政机构内部的优先研发项目。

表 1-1 NSF 生物科学总投资

(单位: 百万美元)

	2005 财年 (实际)	2006 财年 (实际)	2007 财年 (请求)	+ 2006 财年 (数量)	+ 2006 财年 (百分比)
环境生物复杂性研究	39.86	30.43	9.43	-21	-69.00%
气候变化科学项目	15.1	15.1	15.1	*	*
基础设施建设	77	84	90.5	6.5	7.70%
人类和社会动力学	0.5	0.5	0.5	*	*
国际极限年	*	*	2	2	N/A
数学	2.21	2.21	1.11	-1.1	-49.80%
国家纳米技术	46.78	49	52.55	3.55	7.20%
网络和信息技术研发	77	77	83.5	6.5	8.40%

资料来源: NSF 2007 财年预算报告。

* 未检索到相关信息。

(1) 环境生物复杂性研究: 继续资助环境基因组学, 包括新的支持国际极限年 (IPY)——对黑暗和寒冷中的生命活动研究。为完成国家安全研发目标所要求的生态学传染病和微生物基因测序项目, 尽管该项目不再作为 BE 项目的一部分, 但仍将获得 2 100 万美元的资助, 并作为新兴项目进行管理。

(2) 气候变化科学项目: 共计 1 510 万美元的资金用于继续支持通过对生态变化率和物种多样性减少的研究来解决土地使用和土地覆盖变化的问题。这包括通过试验、模型和试验室研究来检测陆地生态系统对气候变化的反应(包括长期生态学研究项目所开展的研究)。

(3) 网络基础设施: 总计 9 050 万美元(增加 650 万美元)用于支持生物科学理事会数据库和情报学工具建设, 包括支持建设蛋白质资料库(PDB)、用来为生物大分子结构提供信息的国际知识库和原始资料库。2007 财年增加的资金集中于解决长期生态学研究、生物数据库以及其他信息学工具的基础设施, 包括传感器和 NEON。

(4) 人类和社会动力学: 总计有 50 万美元用于与生物系统相关的人类和社会动力学建模研究。

(5) 国际极限年: 2007 ~ 2008 年, BIO 将提供 200 万美元用于支持在极限环境下, 使用基因组工具解决生物适应性和生态动力学等挑战性问题的研究项目以及新的名为“寒冷和黑暗环境下的生命活动”的项目。

(6) 数学科学: 进一步减少该学科作为优先发展领域的优先权, 总计将有 111 万美元用于支持数学和生物交叉科学的研究训练, 旨在突破传统数学和生物学间

的界限,加强国家在该交叉学科的科研实力。

(7) 国家纳米技术:总计 5 255 万美元(增加 355 万美元)继续用于支持纳米尺度上的生物系统建设,支持具有新功能和潜在应用前景的生物学为基础的研究。潜在应用前景主要来自对细胞器、基因组研究设备、细胞生物学以及纳米感觉系统等功能开发。2007 财年重点强调由各学科研究组参与的研究项目。

(8) 网络和信息技术研发:总计 8 350 万美元(增加 650 万美元)用于提升人机交互以及信息管理能力,促进信息技术引入生物科学。

(二) 2007 财年 BIO 主要领域预算请求

1. 分子和细胞生物学(MCB),11 122 万美元

(1) 生物和其他自然科学的交叉科学的研究和教育:MCB 与数学和物理学理事会合作,将继续支持先前的投资者倡导的对与教育以及训练相结合的项目进行资助。

(2) 生物网络和复杂进程:MCB 将在分子和细胞生物学的各个领域优先建立计算机的数学模型和模拟方法。要想获取和分析基因组数据,必须进行对细胞间信号传递的数学模拟,网络基础设施是必不可少的。

(3) 微生物学:MCB 通过它的核心活动,鼓励对各个层次的生物组织的微生物进行研究。

(4) 植物生物学:MCB 主动支持的研究将带来对阿拉伯 *thaliana* 价值的探索。更高的优先权将确保对更广泛的植物生物研究的资助,尤其是通过阿拉伯 2010 计划和植物基因研究项目所进行的对阿拉伯人完整的基因测序项目的资助。

(5) 与 2006 财年相比的变化:MCB 核心领域的学科内和学科间研究的资助金额增加了 295 万美元。

2. 综合生物系统(IOS),10 074 万美元

IOS 将把高级优先权给那些对决定行为、发展、生理和生物体适应性的根本原理、机制和过程有深刻理解的研究。那些对先前分离的学科进行交叉的研究以及横跨从分子到显性和外在行为的研究是重点发展的领域。重点优先发展的领域主要包括:

(1) 综合发展生物学:深入了解生物体组织结构和行为特征的,需要发展生物学和动物生理学的结合。这需要对两门学科的理论结构、方法论和分析工具进行融合。

(2) 行为的遗传/细胞基础:行为是一个个体与环境,以及与其他个体联系的基础媒介,尽管目前一些复杂的人类行为像搜寻、喂养和父母照顾子女等,在基因