

中 ■ 国 ■ 科 ■ 学 ■ 院 ■

科技创新案例

(三)

■ 郭传杰 方新 何岩 主编



科学出版社

www.sciencep.com

中国科学院 科技创新案例 (三)

郭传杰 方 新 何 岩 主编

北 京

内 容 简 介

长期以来,中国科学院广大科技人员在实践中取得了一大批科技成果,同时积累了大量的创新经验。在这些具体的科研活动、科研组织管理中,蕴含着丰富鲜活的科学精神、科学思想、科学方法。将这些创新案例发掘、整理、提炼出来,有利于科研人员特别是年轻科研人员拓展创新思路,激发创新活力,树立原始性科学创新和突破性技术创新的信心,有利于公众提高科学素质,有利于青年学生学习开启创新之门,总而言之,是一笔可观而宝贵的精神财富。

图书在版编目(CIP)数据

中国科学院科技创新案例(三)/郭传杰,方新,何岩主编.

—北京:科学出版社,2005

ISBN 7-03-015137-2

I. 中… II. ①郭… ②方… ③何… III. 中国科学院-科技成果-汇编 IV. N12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 017065 号

责任编辑:张启男 李久进 沈晓晶/责任校对:陈玉凤

责任印制:钱玉芬/封面设计:宋广通

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>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社编务公司排版制作

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年3月第 一 版 开本:850×1168 1/32

2005年3月第一次印刷 印张:9 3/4

印数:1-2 500 字数:260 000

定价:25.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

《中国科学院科技创新案例》(三)编委会

主 编 郭传杰 方 新 何 岩

副 主 编 潘教峰 项国英 周德进 刘松林

执行副主编 孙建国

委 员 (按姓氏笔画排序)

王占金 王敬泽 邢福生 李利军

李浩然 肖建春 邵有余 洪俊华

序 言

人类社会已进入 21 世纪。

21 世纪是科学技术突飞猛进、日新月异的时代，是知识创新不断推动技术进步从而加速社会变革的世纪。在面向 21 世纪的知识社会，科学技术发展的灵魂是创新，推动人类进步的动力是创新。

创新源自于科技实践活动，必须具有科学精神、科学思想和科学方法。科学精神能赋予人们探索自然界奥秘的兴趣、求真的理性和创新意识，是创新的精神动力；科学思想是科学活动中所形成和运用的思想观念，它来源于科学实践，又反过来指导科学实践，是创新的灵魂；科学方法是人们揭示客观世界奥秘，获得新知识和探索真理的工具，是创新的武器。正如江泽民同志指出的那样：“科学知识、科学思想、科学方法和科学精神，可以引导人们发愤图强、积极向上，促进人们牢固地形成正确的世界观、人生观和价值观，促进人们实事求是地创造性地进行社会实践活动。”

中国科学院经过 50 多年的奋斗，已发展成为国家在科学技术方面的最高学术机构和全国自然科学与高新技术的综合研究与发展中心。广大科技人员为国家经济建设、国防建设和我国科技事业的进步，呕心沥血，艰苦奋斗，努力攀登科学高峰，取得了丰硕的科技成果。这些科技成果充分体现了科技人员的创新精神，蕴涵着丰富的科学精神、科学思想、科学方法，是十分宝贵的精神财富。

编辑出版《中国科学院科技创新案例》，旨在弘扬科学精神，倡导科学思想，传播科学方法，普及科学知识，开启民智，彰显理性，引导人们树立原始性科学创新和突破性技术创新的信心，激发人们的创新意识，提升科技创新水平和能力，催化更多的科技创新成果，使实事求是、探索求知、崇尚真理、勇于创新的精神在全社会发扬光大，为社会主义物质文明建设和精神文明建设做出新的贡献。

知识创新与技术进步为 21 世纪的人类文明展现了美好前景。“全面建设小康社会，加速推进现代化建设”进程，到 21 世纪中叶，我国要达到中等发达国家水平。向着这一宏伟目标，中国科学院正在谱写知识创新工程的新篇章，为建设国家创新体系，实现科技创新跨越发展，再创新的辉煌，做出无愧于中华民族的创新贡献。

伟大的中华民族，正坚定不移地走一条正确的道路，这条路就是创新之路。未来千年，中华民族在实现社会主义现代化和伟大复兴的征程中，定能实现科教强国的梦想，定能实现中华巨龙的世纪腾飞。

卢永祥

前 言

1998年6月，中国科学院启动国家知识创新工程试点工作，其目的旨在通过深刻的制度创新、文化创新和加强人才队伍建设，大幅度提升国家研究机构的创新能力和创新水平，为建设国家创新体系先行一步，为科教兴国做出战略贡献。

创新，是民族进步的灵魂，已成为我们这个时代的共识和强音。但是，如何才能有效地创新？从思维的角度看，创新有什么特点，有什么规律可循？这些，还是需要认真思考、深入探索的课题。科学的本质是认识客观世界。科学的生命力在于对自然奥秘的不断揭示和开拓创新。创新需要动力，就是对真理的追求和对国家、民族的责任；创新需要精神，就是实事求是的科学精神；创新需要方法，就是逻辑的、形象的和唯物辩证的科学思维方法。近代自然科学革命的先驱哥白尼曾形象地指出“理论是月亮的光辉，事实是太阳的光辉”。爱因斯坦指出，哲学“是全部科学研究之母”，“想像力是科学研究中的实在因素”，“真正可贵的因素是直觉”。科学思维贯穿于科技创新发展的全过程，分析、综合、演绎、归纳、质疑、比较、感悟、抽象、推理、假设、实证等，都是科学思维的基本元素，像一串串耀眼的珍珠，镶嵌于从选题开始，包括试验、观察、判断、立论、写论文、出成果以及应用的全部过程，折射着科学哲人们的智慧之光。

长期以来，中国科学院广大科技人员在实践中取得了一大批科技成果，同时积累了大量的创新经验。在这些具体的科研活动、科研组织管理中，饱蕴着丰富鲜活的科学精神、科学思想、科学

方法,如果将我们自身和周边的这些创新案例发掘、整理、提炼出来,岂不有利于科研人员特别是年轻科研人员拓宽创新思路,激发创新活力,树立原始性科学创新和突破性技术创新的信心!它将有损于公众提高科学素养,有利于青年学生学习开启创新之门,总而言之,是一笔可观而宝贵的精神财富。有鉴于此,作为深入推进中国科学院创新文化建设的一项具体措施,我们从2001年6月起,先后在全院范围内开展了搜集、编写科技创新案例的工作,得到了广大科研人员的积极响应和充分肯定。这项工作作为在中国科学院形成有利于出成果、出人才的创新环境,加快科技创新的步伐,实现科学技术的跨越发展必将起到积极的推动作用。

本书汇集了55篇科技创新案例。有数学、物理学、化学、地学、生物学等基础学科领域的创新案例,也有信息、材料、能源、空间等高新技术领域和跨学科交叉领域的创新案例;有反映基础研究中的原始性科学创新,也有反映应用、高技术产业化过程中的突破性技术创新。创新案例的主人公,从30多岁的青年科技工作者到年高德昭的著名老科学家,各个年龄段都有。这些案例多数为科技专家本人撰写,也有少数由他人代笔;有从事科研工作时间不长的处女作,而更多的则是创新主体锲而不舍、奋斗一生的亮点、结晶。目前,奉献于读者的这些案例,各自独立成篇,自成一体,但又彼此交融,异彩纷呈。当年,形成这样的创新案例,集中了大批科技专家的创造性劳动,现在,编撰这些案例,同样是许多专家、管理者集体智慧的结晶。

把科技创新案例编辑出版,目的在于将这些宝贵的精神财富传播到全社会,调动人们自觉创新的认识,学会如何有效创新,让这些厚积薄发经过科学提炼的创新案例成为开启各界人士创新思维的金钥匙。为便于读者从案例中受到更多启示,我们还为每个案例做了“点评”,以期将案例中的精华部分以更简练、直观的方式呈现给读者。

本书编辑过程中，得到中国科学院各单位的积极响应和很多科学家的大力支持，目前选进本书的 55 个案例只是众多案例中的一小部分，还有很多案例有待于进一步挖掘后陆续出版。在此，我特别向为《中国科学院科技创新案例》的编辑、出版付出辛勤劳动的同志们表示衷心的感谢，向为本书供稿的专家学者表示崇高的敬意！本书出版得到了“中国科学院地奥精神文明建设基金”的资助，在此一并致以谢忱。

编写创新案例的工作带有探索性，有较大难度。由于我们水平有限，书中如有不妥之处，欢迎读者批评指正。

邵传杰

目 录

序言

前言

不断谋创新 增粮百亿斤	1
在物理有机化学前沿领域的艰苦探索	7
老师引路 天道酬勤	12
善于学习 不断进取	17
把正理论与应用之舵	22
志存高远 勇克难关	28
瞄准学科前沿 适时调整方向	33
非圆截面、全超导托卡马克 EAST 的研制	39
奇异核性质的研究	46
发挥创造性的想像力	51
从“异常”中发现契机	56
羊八井高海拔科研基地的创业历程	62
青年实验室是科研创新之源	69
化学热力学前沿问题的研究	75
创新“过程工程”	79
三次被评“优秀”的启示	84

源于自然 超越自然	92
燃料电池用质子交换膜的研究	97
氢原子与氢分子同位素变型反应的新突破	102
从尿中核苷诊断癌症到代谢组学	107
集团式研究加快了科研攻关的步伐	112
未来世界的“窗口”	118
瞄准国际前沿 解决国家需求	123
土壤氮素转化及机理的研究	129
太湖生态工程治理研究	133
运行化的农情检测是创新的沃土	139
“陈氏屈服值”的发现与实践	146
光合生物微藻无光养殖的生物技术潜力	152
坚持南沙群岛科学考察二十年	157
直面权威、穷理无我境界所带来的突破	164
海洋腐蚀及防腐蚀技术研究结出硕果	168
创建优秀团队 攻克青藏铁路冻土难关	173
“土壤水分广义相似理论与积分方法”的建立	180
九寨沟泥石流治理研究十八年	185
膜蛋白结晶第三种方式的揭示	190
兴趣让果蝇的视觉世界变得精彩	196

小麦花粉无性系的遗传与变异	201
加强国际合作 促进中药研发	205
研制禽畜专用抗生素 保障人类食品安全	211
农业动物氮代谢与环境安全的探索	215
研究成灾规律 综合防治鼠害	219
别出心裁 在竞争中取得先机	224
学科交叉促进了光合作用研究的源头创新	228
“一船两星”有效载荷的研制	234
需要决定了我的研究方向	239
叶轮机械的气动优化研究	243
拓宽研究领域 提升科研实力	249
学科创新与高技术产业的新探索	255
意外转向碳纳米管的制备与应用研究	260
联合攻关 建三峡高效生态农业样板	265
荒漠高效生态产业新理念的提出和实践	271
黄海北部贝类产业的又一次革命	277
“生态型海水晶”的研制	282
光化学合成维生素 D ₃ 的产业化	288
缓释/控释(长效)肥料研究与产业化	292



不断谋创新 增粮百亿斤

李振声 遗传学家、中国科学院院士。1931年2月生于山东省淄博市。1951年毕业于山东农学院农学系，曾任中国科学院西安分院与陕西省科学院院长、中国科学院西北植物研究所所长、中国科学院遗传研究所所长、中国科学院副院长等职。现任中国科学院遗传与发育生物学研究所植物细胞与染色体工程国家重点实验室学术委员会主任。20世纪50~70年代，主要从事小麦远缘杂交遗传与育种研究，育成了小偃4、5、6号等系列小麦新品种；20世纪70年代后期，开展小麦染色体工程育种研究，使染色体工程育种进入了实用化；20世纪90年代初，开展小麦高效利用土壤磷、氮等营养元素的理论研究，并通过实践育成了小偃54、小偃81等具有氮磷高效、高光效和高收获指数相结合的优质小麦新品种和新品系。获国家科技发明奖一等奖1项、陈嘉庚农业科学奖和何梁何利科学与技术进步奖。

我国的粮食结构基本上是“南米北面”，因此，小麦生产在我国北方直接影响着人民生活水平的提高和经济的发展。李振声五十年如一日坚持在小麦遗传育种研究第一线工作，为我国小麦品种产量的提高和品质的改善做出了突出贡献。

开辟小麦远缘杂交育种新途径

20 世纪 50 年代初，中国北方冬麦区条锈病严重流行，当地农家品种和杂交改良种几乎全都失去了抗病性，仅黄河流域小麦就减产 100 多亿斤(1 斤=0.5kg)。为了寻找对小麦病害的新抗源，李振声带领研究组选择了一条新的育种途径，即远缘杂交。他在过去牧草研究工作的基础上，选择了来自 6 个属的 12 种野生牧草作为亲本分别与小麦进行杂交，其中有 3 个种，即长穗偃麦草(*Agropyron elongatum* $2n=70$)、中间偃麦草(*A. intermedium* $2n=42$)和茸毛偃麦草(*A. trichophorum* $2n=42$)分别与小麦杂交成功，三类杂种中又以小麦与长穗偃麦草杂种的农艺性状表现最好。因此，对小麦与长穗偃麦草杂种进行了系统研究，通过回交、选择和细胞学鉴定育成了多种杂种新类型(八倍体、异附加系、异代换系和易位系)和优良小麦新品种，小偃 4、5、6 号，其中以小偃 6 号在生产中表现最为突出。

小偃 6 号是一个易位系，有两对小麦染色体(2A 与 7D)插入了偃麦草染色体片断，它们携带着偃麦草的有益基因，具有广谱的抗病性和对环境的广泛适应性。小偃 6 号的抗病性属典型的慢锈型，显示为潜育期较长、严重度较低和粒重损失少，并且无小种专化性，因此，能抵抗我国北方自 20 世纪 80 年代到 90 年代初流行的所有条锈病生理小种。它的广泛适应性表现是，在不同地区(灌溉与非灌溉)和不同年份(1980~1995 年)能够长时间保持产量稳定。因此，小偃 6 号作为陕西省骨干小麦品种，持续种植了 15

年,到 80 年代末累计推广面积已达到 1.2 亿亩(注:1 亩=666.7m²),增产粮食 60 亿斤。至今陕西省小偃 6 号的年种植面积仍有 50 多万亩。加上其他小偃系列及其衍生品种,增产粮食已超过百亿斤。显示了远缘杂交在小麦育种中的巨大潜力。

创建蓝粒单体小麦和染色体工程育种新系统

李振声在小麦远缘杂交育种取得成功后并没有满足。他认为远缘杂交虽然成功了,但花费的时间太长,而且成功的概率较低。于是自 20 世纪 70 年代中期,他引进了美国小麦遗传学家 E. R. Sears 的“中国春”单体系统,试图有目的有计划地将外缘有益基因导入小麦,实现小麦染色体工程育种。但在实践过程中发现,“中国春”单体系统存在着染色体检测工作量过大和染色体漂移两个难题,限制了这套材料的普遍应用。

为了解决上述难题,李振声利用他在小麦远缘杂交中发现的蓝粒小麦创建了一种新的蓝粒单体小麦。这种单体小麦是以携带蓝粒基因(使糊粉层显蓝色)的 4Ag 偃麦草染色体取代了“中国春”单体中的 4D 小麦染色体,从而形成了染色体组型为 $2n=41=40W+1Ag$ (其中 W 代表小麦染色体,Ag 代表偃麦草染色体)的蓝粒单体小麦。这种小麦在经过细胞减数分裂和双受精后,一个麦穗上可长出 4 种不同颜色的种子:深蓝(胚乳细胞染色体数为 63,其中有 3 条携带蓝粒基因的染色体,故胚乳显深蓝色;胚细胞(无色)为 42)、中蓝(胚乳细胞染色体数为 62,其中有 2 条携带蓝粒基因,显中蓝色;胚细胞为 41)、浅蓝(胚乳细胞染色体数为 61,其中有 1 条携带蓝粒基因,显浅蓝色;胚细胞为 41)和白粒(胚乳细胞染色体数为 60,无携带蓝粒基因染色体,显白色;胚细胞为 40)。

小麦的胚乳是营养细胞，不传代，但其颜色变化可作为遗传标记，用于鉴别出其传代的胚细胞染色体数目，即深蓝种子为二体($2n=42$)、中蓝和浅蓝种子为单体($2n=41$)、白色种子为缺体($2n=40$)。这样就不必通过在显微镜下对根尖细胞染色体数目的直接检测，只要观察种子颜色就可以知道其传递给后代的染色体数目了。

在繁殖蓝粒单体小麦的过程中，可获得大量白粒种子，播种后即为缺体植株($2n=40$)，使之自交与连续选择后，获得了能自花结实的缺体小麦。利用自花结实缺体小麦与黑麦杂交和回交，他们仅用 3.5 年的时间就获得了小麦-黑麦异代换系——‘代 96’，从而建立了可快速选育异代换系的新方法——缺体回交育种方法。陕西长武农技站已用‘代 96’为亲本与其他品种杂交，育成了国审小麦品种‘长武 134’，累计推广面积 1000 万亩以上。现在，偃麦草的蓝粒基因已被转移到各个小麦染色体上，建立了一套可用于小麦染色体工程育种的蓝粒单体小麦新系统，这是一项被国际公认的原创性成果，得到美国遗传学会主席 E. R. Sears 的好评。为此，1986 年李振声作为地方组织委员会主席，在西安主持召开了第一届国际植物染色体工程学术会议，E. R. Sears 和英国遗传学会主席 Sir. Ralph Riley 等国际著名学者出席了这次会议。1993 年他又作为地方组织委员会主席，在北京主持了第八届国际小麦遗传学大会。

开创以提高氮磷利用效率为突破口的 小麦育种新方向

20 世纪 80 年代后期到 90 年代初，李振声院士在担任中国科学院副院长期间，有机会参与和组织了一些全国或区域性的农业

科技活动，并着重对我国粮食生产的历史与现状、问题与对策进行了调查研究。针对我国国情撰写了《论我国农业持续稳定发展的若干原则》，提出必须走资源节约型高效农业的道路，同时亲自实践，开展了以提高氮磷利用效率为突破口的小麦育种研究。

首先，他与土壤营养专家李继云研究员合作，从 500 份小麦种质资源中鉴定与筛选出了若干“磷高效”和“磷低效”小麦品种或品系。并进一步研究和揭示了“磷高效”的生理机制与增量潜力，同时开展了相关的遗传研究，为提高氮磷利用效率的小麦育种工作奠定了理论基础。然后，通过育种实践培育成了能高效利用土壤氮磷营养的优质小麦新品种小偃 54。该品种被列入农业部跨越计划，在河南、陕西等省累计推广 700 万亩。

随后，他又同沈允钢院士和匡廷云院士合作，开展了提高小麦个体和群体的光合效率以及光合作用产物的优化分配的研究，解决了过去长期存在的优质和高产的矛盾。最近育成的小偃 81 新品系，籽粒蛋白质含量 18.81%，湿面筋含量 46.9%，而产量在山东桓台县 1600 亩土地上平均达到 1060 斤。在河北省冀中南优质小麦区域试验中，小偃 81 平均亩产 1130 斤，位居 10 个参试品种的第一名，受到当地农业部门的重视和农民的欢迎。2004 年秋已参加山东、河北、陕西和河南四省的区域试验和示范，预计在黄淮冬麦区推广后，将为小麦生产做出新贡献。

✿ 撰稿人 / 张相岐 文玉香