

李喜先/主编

21世纪

100个

交叉科学难题


100 INTERDISCIPLINARY  
SCIENCE PUZZLES OF  
THE 21ST CENTURY

 科学出版社  
www.sciencep.com

21世纪  
100个  
交叉科学难题

100 INTERDISCIPLINARY  
SCIENCE PUZZLES OF  
THE 21ST CENTURY

李喜先 / 主编

 科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书荟萃一线科学家撰写的 100 个交叉科学难题, 涉及各门类学科(涵盖自然科学与社会科学领域)之间的大跨度、多方式的广泛交叉, 均是从宇宙起源、物质结构、生命起源和智力起源四大基本难题中衍生出来的交叉科学难题, 反映了 21 世纪科学的整体化发展趋势。这些难题一旦解决必定会给人类带来巨大利益或使科学技术产生重大突破, 因此可以启迪科技工作者的探究志趣, 激励广大科学家, 特别是年轻学者、研究生和大学生们的探索兴趣。

### 图书在版编目 ( CIP ) 数据

21 世纪 100 个交叉科学难题 / 李喜先主编. —北京: 科学出版社, 2005.1

ISBN 7-03-014687-5

I. 2... II. 李... III. 自然科学 - 普及读物 IV. N49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 127081 号

责任编辑: 马素卿 姜淑华 / 责任校对: 朱光光  
责任印制: 白 羽 / 封面设计: 黄华斌

**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>

**中国科学院印刷厂**印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2005 年 1 月第 一 版 开本: B5 (720 × 1000)

2005 年 1 月第一次印刷 印张: 52

印数: 1—5 000 字数: 896 000

定价: 100.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈科印〉)



# 代 序

## 发展交叉科学，促进原始创新

——纪念DNA双螺旋结构发现50周年

周光召

2003年是DNA双螺旋结构发现50周年。这一20世纪生物学最重要的发现开辟了分子生物学的新学科领域，为人类从分子水平认识生命过程的发生、遗传、发育、衰老、进化及生命体内部细胞和器官的结构、功能和运行模式奠定了坚实的基础，也为农业、林业、医疗、环保、化学、材料、信息和能源工业提供了新的发展途径，如品质优良、抗逆性强的转基因和克隆生物；改变结构提高功能的蛋白质；用于医疗检测和环保监测的生物芯片；高疗效个性化的治疗药物和再生器官；生产化学工业原料、有机材料和可再生能源的生物工厂；DNA计算机；用于控制和消除环境污染的转基因微生物等。

对DNA双螺旋结构的发现做出重大贡献的科学家有克里克、沃森、威尔金斯和富兰克林4位，由于富兰克林过早地去世，1962年的诺贝尔生理和医学奖只授给了前面这3位。此外，在这方面的研究中，鲍林参与了竞争，多诺霍（Jerry Donohue）也提供了重要的参考意见。

发现DNA双螺旋结构的4位科学家中，沃森毕业于生物学专业，克里克和威尔金斯毕业于物理学专业，而富兰克林则毕业于化学专业，他们具有不同的知识背景，在同一时间都致力于研究遗传基因的分子结构，在又合作又竞争、充满学术交流和争论的环境中，发挥了各自专业的特长，为双螺旋结构的发现做出了各自的贡献。这是科学史上由学科交叉产生的重大科研成果。

自然科学的重大发现过程不仅是科学家以严谨的科学态度、严格的科学方法、敏锐的思维和观察对自然现象和规律进行的探索，而且又表现出科学家的个性、爱好和观点在竞争与合作中形成的学术思想上的融合、碰撞和冲突，也反映出社会和学术群体的评价给予的鼓励、包容和压力。我们不仅应当从自然科学本身的规律出发去研究这一过程，而且应当从人文和社会的角度去看待这一过程，创造促进创新的条件和环境，研究这一重大发现产生的背景、环境和条件，吸取有益的经验，采取相应的措施，对促进我国基础研究的创新有着重大的现实意义。下面，本文将对此作简单的分析和讨论。

## 一、DNA 双螺旋结构发现的背景

遗传机制一直是生物学家关注的重大课题，早在 1865 年，孟德尔通过豌豆子代性状显示的规律，首先发现了由亲代向子代遗传，并能一代一代遗传下去，今天称之为基因的遗传信息单位。但他的工作在相当长的时间内未受到足够的重视，所写的文章不为人所知。到 1900 年，他得出的结论又被科伦斯（Carl Correns）、弗里耶（Hugo de Vries）和切尔马克（Erich von Tschermak）重新发现。1869 年，迈施纳（Friedrich Meischer）首先从鱼的精子细胞核中分离出 DNA；1882 年，弗莱明（Walther Flemming）在火蜥蜴幼虫体内发现染色体；1910 年，摩尔根研究果蝇的遗传规律时发现，遗传信息位于染色体上。染色体上包含 DNA 和蛋白质，以后相当长一段时间，人们更多猜测蛋白质是遗传信息的载体。1914 年，福尔根（Robert Feulgen）发现 DNA 可以染色。19 世纪 20 年代，生化学家分析了 DNA 的分子构成，发现它是由 4 种核苷酸分子：胞嘧啶、胸腺嘧啶、腺嘌呤和鸟嘌呤及去氧核糖和磷酸根组成。同在 20 年代，格里菲思（Frederick Griffith）发现了转移因子，使原来不致病的链球菌株转变为致病的菌株。此后，生物学家开始研究转移因子究竟是碳水化合物、脂肪、蛋白质，还是 DNA？作为化学分子，DNA 比较简单，而蛋白质分子种类繁多，构造复杂，分子量大。一般认为，DNA 太简单，不会是转移因子的载体。到 1944 年，阿韦里（Oswald Avery）、麦克劳德（Colin MacLeod）和麦卡蒂（Maclyn McCarty）初步认定转移因子包含在 DNA 中。但直到二战结束，生物学家仍然没有最后确定到底是 DNA 还是蛋白质是遗传物质，甚至多数人仍然倾向于蛋白质是遗传物质的载体。1950 年，查戈夫（Erwin Chargaff）指出，DNA 中核苷酸分子腺嘌呤和胸腺嘧啶、胞嘧啶和鸟嘌呤的数目是相等的。到了这个时

候，发现DNA分子结构的时机已经成熟，敏感的科学家和研究机构从二战后就着手进行研究。到1952年，赫尔希（Alfred Hershey）和蔡斯（Martha Chase）用放射化学的原子示踪方法，最终确定了DNA而不是蛋白质是遗传基因的载体以后，DNA在生命活动中的重要性已经一目了然。竞争变得更为激烈，DNA分子结构的发现已经指日可待，而花落谁家则是学识、战略、学术氛围、竞争与合作关系等等综合实力的较量结果了。

## 二、卡文迪什实验室和 DNA双螺旋结构发现的经过

卡文迪什实验室是英国剑桥大学内设的物理学实验室，在20世纪初的物理学革命中扮演了重要的角色。从1884年开始，由发现电子的著名物理学家汤姆逊领导，直到1919年，改由发现原子结构的著名物理学家卢瑟福领导。二战前，卡文迪什实验室在原子物理、原子核物理领域是当时世界最著名的研究中心，不仅出了许多重要的科研成果，而且形成了使之长盛不衰的学术风格和传统。二战时，卡文迪什实验室的科学家们转向军事研究，对雷达、核武器等的发展做出了重要贡献。二战结束后，鉴于核科学研究对国家安全的重要性，已不适宜在大学的实验室进行，卡文迪什实验室的核研究转移到新成立的国家实验室，于是卡文迪什实验室面临经费短缺，研究目标丧失的困境。实验室主任布拉格（William Laurence Bragg）当机立断，将卡文迪什实验室的发展方向从纯物理研究转向用战时发展出的雷达探测技术发展射电天文和由他父亲和他本人在卡文迪什实验室发展起来的X射线晶体分析技术进行生物大分子结构的跨学科研究。他支持赖尔（Ryle）和拉特克利夫（Ratcliff）收集军队废弃的雷达组成了原始的射电望远镜，他从医学研究委员会争取到一笔经费，组成了由肯德鲁（John Kendrew）和佩鲁茨（Max Perutz）为首的研究蛋白质晶体结构的小组。后来，这几位科学家都由于其突出的成就获得了诺贝尔奖。

克里克作为研究生和沃森作为博士后不久加入了研究蛋白质晶体结构小组，他们两人在参与组内分配的工作的同时，对DNA分子结构具有浓厚的共同兴趣，密切合作，共同讨论，坚持不懈，最后发现了DNA双螺旋结构。

在困难的条件下，布拉格的远见保证了卡文迪什实验室在这两个新兴学科上做出了辉煌的成果，发现了类星体、脉冲星、DNA双螺旋结构，确定了血红蛋白质

的结构等，造就了一大批诺贝尔奖获得者，为战后英国的科学争得了极高的荣誉。

50年代初，还有两个知名的研究小组从事DNA分子结构的研究工作，一个在美国加州理工大学，由当时知名的量子化学家鲍林领导，他在1950年成功地发现了蛋白质的 $\alpha$ 螺旋结构，并开始DNA分子结构的分析工作。另一小组是位于伦敦皇家学院的威尔金斯和富兰克林小组。威尔金斯是最早开始用X射线分析DNA晶体结构的物理学家，1951年富兰克林加入，取得更为清晰的照片。他们所提供的X射线照片成为发现双螺旋结构最重要的实验根据。

富兰克林是一位杰出的女科学家。她从物理化学专业毕业后，起先从事用于核反应堆的高强度碳纤维的研究工作，1947年起在巴黎国家中央化学实验室从事X射线晶体分析，在威尔金斯之后，于1951年接受兰德尔（John Randall）的聘请，加盟伦敦皇家学院生物物理研究小组，从事DNA的X射线分析。开始时，威尔金斯把她当作高级技工，要她只是提供数据供别人分析，对她不够尊重，使他们两人的关系变得紧张。当时，英国社会对女科学家普遍不尊重。富兰克林的家庭虽然富裕，她的父亲却不愿支付她上大学的费用，只是在母亲的坚持下，才得以解决。她在皇家学院工作时，大学的俱乐部甚至不接受女教师在内进餐。富兰克林不仅拍出当时最清晰的DNA结构照片，而且指出了沃森和克里克早期构造的DNA结构模型的错误。但好几次沃森和克里克想和她合作，都被她拒绝了。这可能伤害了他们的自尊心，以致在1962年他们的诺贝尔奖的报告书中，一共引用了98篇文章，却一次也没有提及富兰克林的工作，这是非常不公正的。后来，从她的工作笔记中发现，在沃森和克里克发表他们双螺旋结构文章的前夕，除配对方案外，她已经独立地得到了相同的结论，作为有经验的化学家，她必定会在短期内解决这一问题。如果不是当时英国科学界对妇女的歧视和开始时威尔金斯对她不够尊重造成的两人之间的不和，影响了他们工作的进度，最先发现双螺旋结构的桂冠完全可能会落在她的头上。

DNA双螺旋结构的发现过程极具戏剧性，当事人的回忆不尽相同，褒贬不一，复杂的人际关系在其中起到相当大的作用。下面以沃森和克里克这一组为主线对此做简单的描述。

1950年，沃森仅22岁，就在美国获得了动物学博士学位，并得到一年资助到哥本哈根从事病毒的DNA研究。在一次学术会议上，他听威尔金斯报告DNA结构的X射线分析，印象深刻，决定要从事DNA分子结构的破译工作。在申请下年度的工作岗位时，他决定不去鲍林那里，因为他觉得鲍林名气太大，不可能花时间帮助他这个小人物。同时，由于威尔金斯对他的热情没有反应，1951年，他决定

## 代 序

到卡文迪什实验室做博士后，分配到佩鲁茨领导的小组内和克里克一起工作。

在二战前，克里克已经从物理系毕业，战时从事过磁性地雷和雷达的研发，战后他受量子波动力学发现者薛定谔所写的书《生命是什么》(What is life)的影响，决定改学分子生物学，成为卡文迪什实验室的研究生。沃森到来时，他正在从事红细胞的X射线晶体分析的博士论文工作。1951年，他已经35岁，他也是当时少数坚定相信DNA是遗传物质载体的人之一。

由于布拉格和伦敦皇家学院有一个君子协定，卡文迪什实验室只作蛋白质的X射线分析，而DNA的X射线分析由皇家学院进行。因此，克里克和沃森只能从皇家学院得到有关的实验数据，在完成实验室分配的任务之余进行他们热衷的研究工作。基因的三维分子结构是了解生命现象的关键，是应当抓紧研究的重大课题。这一认识促使他们排除一切困难，紧密合作，抓住不放，最后终于获得成功。

沃森来到以后，告诉克里克他听到的威尔金斯的关于DNA结构X射线分析报告的印象，克里克根据自己从事X射线结构分析的经验，立刻感到可能是一种螺旋结构，但不能确定是双、三还是多螺旋。他们随即开始了DNA结构模型的创建。

他们提出的第一个设想是一个三螺旋模型，由核糖核酸和磷酸组成的环位于分子的中央，通过镁离子连接组成链条，形成DNA分子链条的骨架，核苷酸基则位于分子的外面。为了和实验结果比较，他们邀请威尔金斯和富兰克林到卡文迪什来讨论，这一模型立刻被富兰克林所否定，指出镁离子会和DNA中包含的水分子结合，而不可能成为骨架的黏结剂。可能她的用语比较不客气，使布拉格感到面子上下不来，过后，布拉格下令要沃森和克里克放弃DNA结构模型的构建，而回到蛋白质结构的分析上来。

在美国的鲍林是最有经验的一位，但他一直没有机会接触DNA结构的X射线分析照片。1952年，他申请到英国参加学术会议，由于被美国政府认为亲共而拒发护照，没有见到富兰克林。1953年初，鲍林在美国宣布他发现了DNA的结构，并派他的儿子带了文章的预印本到英国，希望看到DNA结构的X射线照片，但被威尔金斯婉拒。当时，他提出的也是一个骨架在内的三螺旋模型，沃森和克里克虽然知道这和他们在1952年提出的模型相似而不可能正确，但感到了竞争的压力，他们知道必须加快，不然更有经验的鲍林将抢在他们前面。沃森立即赶到伦敦，但富兰克林对他们仍然不热情，而威尔金斯则背着富兰克林将她不久前拍的一张含水的DNA X射线照片给沃森看了。这张照片在X射线专家眼里已经清楚显示出双螺旋的结构。沃森回来以后将新发展情况向布拉格报告，争取到他的支持，继续开展DNA结构的建模工作。根据富兰克林的新X射线照片，沃森和克里克提出双螺旋结



构的设想，并将核糖核酸和磷酸组成的骨架放在分子的外面，里面安放核苷酸基对。最初，沃森以为基对是由相同的核苷酸分子通过氢键组成，但不能解释查戈夫规则，他找到在隔壁工作的化学家多诺霍，征求他的意见。多诺霍指出沃森采用普通教科书上核苷酸分子胸腺嘧啶和鸟嘌呤的结构，是氢和氧原子结合的烯醇型，可能不对，更可能的结构是氢和氮结合的酮类型。这样，沃森第二天就得到了正确的核苷酸分子腺嘌呤和胸腺嘧啶、胞嘧啶和鸟嘌呤配对的模型。克里克也已从 X 射线照片确认两条骨架链应当是反平行的。有了这些认识，他们很快创建出新的模型，也很快得到威尔金斯和富兰克林的认可。至此，DNA 双螺旋结构模型的构建就完成了。

### 三、几点启示

从 DNA 双螺旋结构的发现过程，我们可以得到很多有益的启示。

(1) 将一个学科发展成熟的知识、技术和方法应用到另一学科的前沿，能够产生重大的创新成果。学科交叉是创新思想的源泉。物理的分析方法和化学关于分子结合键的知识对建立正确的 DNA 双螺旋结构模型起到了决定性的作用。

(2) 高明的学术领导人。如布拉格，善于利用自身积累的知识优势，发现学科交叉的切入点，及时开辟新的发展方向。他领导的集体有宽松的学术环境，支持青年的创意，在完成指定工作之余进行自由选题。

(3) 进入新领域的青年科学家必须像沃森和克里克那样，不畏艰险、不怕失败、不怕嘲笑，以坚定不移的努力实现认定的目标。

(4) 要敢于争论，更善于合作。沃森和克里克能最后成功，在于他们之间有良好的的人际关系，既会顽强地坚持己见，又能灵活地倾听对方意见，在争论中互相尊重，发挥各自的长处，最后服从真理，很快达成一致。善于在竞争中合作，使他们能从皇家学院得到重要的实验数据，善于向周围科学家请教和学习使他们最快地得到正确的核苷酸配对方式。

富兰克林是一位极富创意的女科学家，在当时英国学术界大男子主义的统治下，她受到很不公平的对待，可能也因此使她不愿和男性科学家合作，孤身奋斗，最后功亏一篑。

(5) 实验是检验理论唯一的标准，保持理论和实验的密切合作是取得重大发现、证明理论正确的关键。鲍林是两次获得诺贝尔奖、有丰富经验的化学家，如果他有机会早一点看到 DNA 结构的 X 射线分析照片，完全可能率先发现 DNA 的双



螺旋结构。

所有这些都再一次说明，当重大发现的时机已经成熟，在何时何地由何人发现则是由很多因素综合决定的。确定最有发展前途的研究方向，创造适合重大发现的环境条件，识别和支持优秀人才是各级科学研究机构的领导者应当首先关注并加以解决的问题。

针对我国目前存在的一些不健康的情况，我们还要注意改进评价体系和经费分配方式，抑制急功近利和课题越变越小的单干倾向。要反对近亲繁殖、权威把持，坚持在学术问题上人人平等。我们要鼓励探索性强的自选课题，鼓励针对重大科学问题进行跨学科探索和合作。这些选题都要通过竞争进行识别，通过充分的学术争论达到认识上的一致。我们还要注重通过提高科学道德和保护知识产权达到研究群体的和谐和协同。

中国有很多优秀的青年，只要鼓起他们的勇气和自信，树立远大的志向和宽广的胸怀，敢于竞争，善于合作，同时为他们创造好的学术环境和条件，中国科学的复兴是指日可待的。

---

**周光召简历：**1929年5月生于湖南省长沙市，1951年毕业于清华大学。1980年当选为中国科学院院士，1987~1997年任中国科学院院长，中国科学技术协会第五、六届主席。曾任全国人民代表大会常务委员会副委员长，先后当选为中国共产党第十二届、第十三届、第十四届、第十五届中央委员。

他在理论物理的各主要领域都有杰出的创造性成果，在国际物理学界享有盛誉。因他在我国第一颗原子弹、氢弹的研制中做出了重要贡献，获得国家自然科学一等奖和党中央、中央军委、国务院颁发的“两弹一星功勋奖章”。他多年兼任太平洋科学协会主席与理事会主席，联合国教科文组织顾问等多项重要职务。

1993年，他被意大利政府授予“意大利共和国爵士勋章”；1994年，被求是科技基金会授予“中国杰出科学家”称号；1996年，经国际小行星命名委员会审议通过，将国际编号为3462号的小行星命名为“周光召星”；被美国纽约市立大学、加拿大麦吉尔大学、香港大学等六所世界知名大学授予荣誉博士。目前，他是美国科学院、俄罗斯科学院、欧洲科学院、第三世界科学院等11个国家和地区的科学院院士，是蜚声中外的著名科学家。



# 序 言

## 学科交叉与交叉科学的意义

李强

1998年，在《21世纪100个科学难题》一书的出版座谈会上，我赞同再作续集，以聚集更多更有意义的科学难题。后经编委会讨论，将续集定名为《21世纪100个交叉科学难题》。今天，我为本书的问世而感到格外高兴。

学科交叉是“学科际”或“跨学科”研究活动，其结果导致的知识体系，构成了交叉科学。自然界的各种现象之间本来就是一个相互联系的有机整体，人类社会也是自然界的一部分，因而人类对于自然的认识所形成的科学知识体系也必然就具有整体化的特征。科学史表明，科学经历了综合、分化、再综合的过程。现代科学则既高度分化又高度综合，而交叉科学又集分化与综合于一体，实现了科学的整体化。

学科交叉点往往就是科学新的生长点、新的科学前沿，这里最有可能产生重大的科学突破，使科学发生革命性的变化。同时，交叉科学是综合性、跨学科的产物，因而有利于解决人类面临的重大复杂科学问题、社会问题和全球性问题。

在新时期里，中国需要加速发展科学和技术，其中要大力地提倡学科交叉，注重交叉科学的发展。因而，提出并解决交叉科学难题就具有重大意义。

## 一、科学知识体系具有整体化的本质特征

在古代科学时期，人类只能直观地认识自然界，并将所获得的知识包罗在统一的古代哲学之中。这时，虽然从直观上对自然界的认识是综合性的，但还仅是对现象的描述和对经验的总结，有时还带有浓厚的思辨性和猜测性，因而不可能深刻揭示自然界各种现象之间的相互联系。

在近代科学时期，人类已能对自然界进行系统的观察和比较精确的实验，并初步建立起严密的逻辑体系。科学开始分化，形成了相当精细的专门学科，这与古代科学综合的整体认识相比较，确实有了很大的进步。但是，限于人类的认识能力，事实上，这种分化还只是脱离自然界的综合的抽象，不足以真正认识自然现象的全部内在联系。

在现代科学时期，科学的发展把分化与综合紧密地联系起来，把人为分解开来的各个环节重新整合起来了。正如物理学家、量子论的创始人普朗克所言：“科学是内在的整体，被分解为单独的部门不是取决于事物的本质，而是取决于人类认识能力的局限性。实际上存在着由物理学到化学、通过生物学和人类学到社会科学的链条，这是一个任何一处都不能被打断的链条。”在 100 多年里，始终勃兴的交叉科学，包括边缘科学、横断科学、综合科学和软科学等，消除了各学科之间的脱节现象，填补各门学科之间边缘地带的空白，将条分缕析的学科联结了起来，综合运用多种学科的理论和方法研究复杂的客体，从而才真正能够实现科学的整体化。

## 二、学科交叉导致众多交叉科学前沿

学科交叉的方式多种多样，交叉的跨度日益增大，交叉的层次不断加深。学科交叉是众多学科之间的相互作用，而交叉形成的理论体系，构成交叉学科；众多交叉学科构成了交叉科学。

学科交叉是学术思想的交融，实质上是交叉思维方式的综合、系统辩证思维的体现。自然现象复杂多样，仅从一种视角研究事物，必然具有很大的局限性，不可能揭示其本质，也不可能深刻地认识其全部规律。因此，唯有从多视角，采取交叉

思维的方式，进行跨学科研究，才可能形成正确完整的认识。著名物理学家海森伯认为：“在人类思想史上，最有成果的发现常常发生在两条不同的思维路线的交叉点上。”1986年，诺贝尔基金会主席在颁奖致词中说：“从近几年诺贝尔奖获得者的人选可明显看到，物理学和化学之间，旧的学术界限已在不同的方面被突破。它们不仅相互交叉，而且形成了没有鲜明界限的连续区，甚至在生物学和医学等其他学科，也发生了同样的关系。”1953年，DNA双螺旋结构的重大发现就是化学家鲍林、生物学家沃森、物理学家克里克、富兰克林和威尔金斯等合作的结果。这些表明，在多学科之间、多理论之间发生相互作用、相互渗透，形成了“科学键”，从而能开拓众多交叉科学前沿领域，产生出许多新的“生长点”和“再生核”，如粒子宇宙学、生物物理化学、生物数学、太空科学、环境科学、科学伦理学、系统科学、自然社会学和社会自然学等。迄今，交叉学科的数量已达2000多门之多，其中许多都是交叉科学的前沿。

### 三、有利于综合性地解决 人类面临的重大问题

交叉科学是自然科学、社会科学、人文科学、数学和哲学等大门类科学之间发生的外部交叉，以及本门类科学内部众多学科之间发生的内部交叉所形成的综合性、系统性的知识体系，因而有利于有效地解决人类社会面临的重大科学问题和社会问题，尤其是全球性的复杂问题。这是交叉科学所能发挥的社会功能。

在社会发展中，人类会遇到诸如人口、食物、能源、生态、环境、健康等问题，这靠任何单一学科或一大门类科学都不能有效解决，而唯有交叉科学最有可能解决。一个国家的发展战略、总方针、总政策的制定，有关政治、军事和经济等重大决策，都最需要综合性的知识，可以说，需要涵盖所有学科的系统性知识。若只靠经验性的和局部的知识，进行随机性和盲目的决策，就必然会产生失误，而决策的失误是最大的失误。社会可持续发展也涉及到众多学科知识，而交叉科学也能为其提供可靠的科学依据。

国家重大工程系统的设计、论证、实施、评价等必须综合地运用交叉科学，交叉科学的发展也促进了技术的交叉和集成，进而使技术高度综合化和集成化，形成了现代宏大的技术体系。

## 四、中国更要加强学科交叉和交叉科学

在中国科学发展中，学科交叉与交叉科学显得相对滞后。在较长时期里，自然科学、社会科学、人文学科等之间存在着不可逾越的鸿沟，而科学发展、社会进步、经济发展等却都需要各门类科学、各门学科之间的交叉、渗透和融合。

自 20 世纪 80 年代以来，科技界、政府科教管理部门开始从科学概念、科学政策、科学管理上重视，以弥合这些鸿沟。特别是，中国老一辈的科学家为此做出了巨大的努力；中国科协所属的一些学会、研究会也起到了很大的促进作用。在中国科学院知识创新工程中、在国家自然科学基金和科技部的计划中，都正在大力地加强推进学科交叉和交叉科学。

为了在中国科学中增强学科交叉和交叉科学，要有一系列重大的变革：在科学发展战略布局中，强调交叉科学与非交叉科学并重，为了改变我们目前交叉科学的落后状况，应该更强调交叉科学的发展；在科学政策上，应引导和鼓励从事交叉科学研究；在组织管理上，应特别重视交叉科学的发展，甚至在具体科研项目、课题中，优先支持学科交叉与交叉科学；营造有利于学科交叉和交叉科学发展的环境，在科学共同体中形成一种鼓励交叉的学术氛围；在新的科学发展时期，在中国科学院学部结构改革中，也应重视交叉科学的应有地位；要培养能适应学科交叉和交叉科学发展的宏大的科学家队伍。因为科学发展到今天，已经没有哪一门专门学科的研究可以仅靠本学科单科独进的方式深入下去了。为此，应提倡对大学生、研究生的科学教育，加强跨学科教育。

中国近代科学主要从西方输入，虽经二三百年的发展已进入现代科学时期，但仍比较落后。要加速中国科学的发展，必然要从社会环境和文化背景上进行反思，以改变学科分隔的陈旧的观念、思维方式和价值观念，积极鼓励学科间的交叉和交叉科学的发展。

## 五、提出交叉科学难题的重大意义

本书选录了 130 多位科学家提出的 100 个交叉科学难题，这对于我国增强学科交叉和交叉科学有着重要的推动作用。我们需要一大批积极分子来开拓交叉科学前

沿研究,我国的科技政策更要引导和支持这些比较易于产生重大原始创新的前沿研究。

在科学研究的经历中,伟大的科学家爱因斯坦形成了重要的思想:“提出一个问题往往比解决一个问题更为重要,因为解决一个问题也许只是一个数学上或实验上的技巧。”他正是由于提出了解决牛顿力学体系中存在的问题或矛盾而建立了相对论。伟大的数学家希尔伯特指出:“只要一门科学分支能够提出大量问题,它就充满着生命力,而问题缺乏则预示着独立发展的衰亡或中止。”在1900年,他就提出了23个数学问题,从而对20世纪数学的发展起到了重大的推动作用。许多科学哲学家都认为,科学问题是科学发现的逻辑起点,一切科学研究、科学知识的增长就是始于问题和终于问题的过程;旧的问题解决了,又引出了新的、更深刻的问题……因此,善于和勇于提出科学问题,用科学批判和理性质疑的科学精神去审视旧的科学问题,充分发挥创新性的想像力去提出新的科学问题,尤其是提出大跨度、综合而复杂的重大交叉科学难题就显得更具有意义了。

---

**路甬祥简历:**1964年毕业于浙江大学。1964~1979年任浙江大学助教、讲师,1979年为德国亚琛大学液压气动研究所洪堡访问学者,1981年获联邦德国亚琛大学工程博士学位,1995年获香港科技大学名誉工学博士学位,1997年获香港城市大学名誉工学博士学位。1981为浙江大学讲师、副教授、流体传动研究室主任,1983年为浙江大学教授、机械工程系流体传动研究所所长。1985年起任浙江大学副校长,1988~1995年任浙江大学校长。1993年任中国科学院副院长,1994年任中国科学院常务副院长。1990年当选为第三世界科学院院士,1991年当选为中国科学院(技术科学部)院士,1994年当选为中国工程院院士,1986~1996年任中国科协副主席,1990~1994年任国家教委高等教育咨询委员会主席、六届全国人大代表、十届全国人大代表,1996~2002年任大学教育资助委员会(香港)委员,1998~2001年任香港创新科技委员会委员。1997年7月至今,任中国科学院院长、中国科学院学部主席团执行主席。2003年3月至今,任全国人大常委会副委员长。现任全国人大常委会副委员长、中国科学院院长、中国科学院学部主席团执行主席、国务院学位委员会副主任委员、中华海外联谊会副会长、

中国机械工程学会理事长、浙江大学教授、清华大学兼职教授等。

在机械工程特别是流体传动与控制、高等工程教育等领域做出过重要贡献，曾在欧、美和中国等国获得 20 项专利，在国内外发表过 250 多篇重要的科学研究和工程教育论文及两本科学著作。在前人的基础上，他创造性地提出了“系统流量检测力反馈”、“系统压力直接检测和反馈”等新原理，并将其应用于先导流量和压力控制器件，改变了已沿用 100 多年的弗利明-琴肯流量控制原理和 40 多年来传统的维克斯先导型压力控制原理，取得了“二通插装式电液比例流量控制装置”及“电液比例压力控制装置”等五项发明专利，使大流量和高压领域内的稳态和动态控制精度获得显著提高，并运用这些原理和机-电-液-体插装技术相结合，推广应用于阀控、泵控和液压马达等，成功地研究开发了一系列新型电液控制器件及工程系统。该技术被认为是 20 世纪 80 年代以来电液控制技术重要进展之一，被德、日、瑞等多国列入教材、手册、专著。1997 年获联邦德国鲁道夫·狄塞尔金质奖章，1998 年获洪堡奖章，2000 年获联邦德国星级大十字勋章，2001 年获德国洪堡基金会维尔纳·海森伯奖章。他研究开发的电液比例技术被国家科委列为火炬计划 A 类专利推广。他还主持开发研究了相应的 CAD、CAT 支撑系统，被广泛应用于许多工业部门，推动了我国机械工业的技术进步。曾获 1988、1989 年国家发明二等奖、三等奖和光华科学基金特等奖，国家教委、浙江省、机电部一等奖等多项奖励。他创建的浙江大学流体传动与控制研究所已建成国家重点实验室、博士后流动站。作为博士生导师，他已先后培养了 30 名博士、25 名硕士以及 5 名博士后。1980 年被授予国家级有突出贡献的中青年科技专家称号，1982、1985 年两次被评为浙江省劳动模范，1989 年被授予全国先进工作者称号。由于他在教育方面的卓著成就，曾获 1989 年国家高等教育奖。



# 前 言

学科交叉点往往就是科学新的生长点、新的科学前沿，最可能产生重大的科学突破，使科学发生革命性的变化。为了进一步提倡学科交叉，注重交叉学科发展，促进我国科学技术的迅速发展，在中国科学院院长路甬祥院士的支持下，我们决定编写出版《21世纪100个科学难题》的续集《21世纪100个交叉科学难题》。

爱因斯坦说“提出一个问题往往比解决一个问题更为重要，因为解决一个问题也许是一个数学上或实验上的技巧问题。而提出新的问题、新的可能性，从新的角度看旧问题，却需要创造性的想像力，而且标志着科学的真正进步。”续集作为130多位中国科学家创新思想的集萃，对提倡中国科学家独立地提出交叉科学难题则有着更重大的意义；续集强调各门类科学、各门学科之间的大跨度、多方式的交叉，以增强科学整体化。当然，交叉科学的难题绝非仅只这100个，还有许多问题需要科学家去发现，去解决。希望续集能激励读者对交叉科学的关注，用批判和质疑的科学精神去审视旧的科学问题，充分发挥创新精神，发现和解决新问题。

中国科学院特别是所属机构科技政策局从科技发展战略、科技政策的高度，大力地支持了续集的编著工作；科学出版社承担了本书的出版。为此，特一一致谢。

中国科学院《21世纪100个交叉科学难题》编委会

2004年7月29日