

我国生物物理学的奠基与交叉学科的建立

王谷岩*

(中国科学院生物物理研究所, 北京 100101)

摘要 20 世纪 50 年代上半叶, 生物物理学作为一门新的独立学科应运而生. 1958 年, 以中国科学院生物物理研究所的成立为主要标志, 开始了我国生物物理学的发展历程. 本文将介绍我国生物物理学学科的奠基与前期发展, 以及放射生物学、生物控制论、宇宙生物学和仿生学等交叉学科的建立过程.

关键词 生物物理学, 交叉学科, 放射生物学, 生物控制论, 宇宙生物学, 仿生学

学科分类号 Q6

DOI: 10.3724/SP.J.1206.2014.00209

1 生物物理学的诞生

生物物理学是一门物理学与生物学相互渗透与交叉形成的边缘学科, 是用物理学和其他物理科学的概念、理论和方法研究和解决生物学问题的一门学科.

活的生命体以连续的代谢反应不断进行着自我更新, 借以维持其自身结构和生命功能, 而与新陈代谢紧密联系的是伴随各种生命活动所进行的一系列物理学及化学过程.

17 世纪, 德国科学家基歇尔(A. Kircher)对生物发光的研究, 是最古老的生物物理学探索课题. 18~19 世纪, 意大利科学家伽伐尼(L. Galvani)和伏打(A. Volta)、德国生理学家杜布瓦-雷蒙(E. H. du Bois-Reymond)等的观察和实验, 已经认识到活组织可以产生电流并导致肌肉收缩. 其后, 德国物理学家和医生亥姆霍兹(H. von Helmholtz)研究了肌肉收缩和神经传导以及视觉和听觉的物理学机制. 美国科学家卡顿(R. Caton)又发现脑中存在微弱电流, 从而认识到, 可以从生物电流的物理特性入手了解生理功能. 凡此种种的研究活动, 均属于生物物理学的范畴.

然而, 生物物理学能够发展成为一门新的独立学科, 更主要的则是得益于生物物理学技术的发展与应用. 19 世纪末, 德国物理学家伦琴(W. Röntgen)发现了 X 射线, 之后英国物理学家布

拉格父子(W. H. Bragg 和 W. L. Bragg)在德国物理学家劳厄(M. Laue)发现 X 射线通过晶体产生衍射的基础上, 进行了一系列实验, 提出 X 射线衍射定律(布拉格公式), 由此诞生了 X 射线晶体衍射分析技术. 这一典型的物理学技术逐渐被应用于精确研究生物大分子的三维结构, 英国科学家佩鲁茨(M. F. Perutz)和肯德鲁(J. C. Kendrew)解析出血红蛋白和肌红蛋白的分子结构. 而最重要的是美国遗传学家沃森(J. D. Watson)和英国物理学家克里克(F. H. Crick)在英国剑桥大学合作, 完成了 1953 年 4 月 25 日发表在《自然》杂志(*Nature*)上的研究成果——DNA 双螺旋结构的分子模型. 依据英国晶体衍射学家威尔金斯(M. Wilkins)和富兰克林(R. Franklin)的 DNA X 射线衍射资料, 以及当时其他科学家对 DNA 中碱基含量的测定结果、氢键连接的碱基中嘌呤有吸引嘧啶的趋势等资料和信息, 沃森与克里克进行了分析与综合, 提出了生命遗传物质 DNA 分子的双螺旋结构模型, 成为 20 世纪自然科学的一项重大突破.

因其成果的重要性, 伦琴 1901 年、布拉格父子 1915 年、佩鲁茨和肯德鲁 1962 年、沃森、克里克和威尔金斯 1962 年先后荣获诺贝尔奖.

* 通讯联系人.

E-mail: 15652040830@163.com

收稿日期: 2014-07-22, 接受日期: 2014-09-01

上述这些开拓性研究成果，促使传统生物学从纯描述性阶段进入到定量的、阐释本质的发展阶段，吸引了科学界对应用物理学的理论与方法解决生物学问题的关注，生物物理学也便作为一门新的独立的交叉学科应运而生。生物物理学以及生物化学、生物数学等交叉学科的诞生与发展，推动了现代物理学、化学和数学的理论和研究方法、严谨的定量分析和思维方式进入生物学研究领域，从根本上改变了生物学的面貌，使人们对生命现象和生命过程的认识焕然一新，现代生物学从此被称为“生命科学”。

科学“先行者”的推动作用，对生物物理学的诞生也起到了至关重要的作用。提到生物物理学的诞生，科学界总会记起奥地利物理学家薛定谔(E. Schrödinger)和他1944年出版的《生命是什么——活细胞的物理学观》一书。薛定谔是波动力学创始人、量子力学奠基人之一。《生命是什么》被誉为20世纪科学经典。该书运用统计物理学“有序”、“无序”和“熵”等概念对生命现象进行分析，并明确指出，生命物质的运动必然服从于已知的物理学定律，物理学规律和化学规律包括量子力学和热力学理论，都同样可以应用于生物学研究。

正是在薛定谔这一科学思想的影响下，威尔金斯转而探究生物大分子复杂结构的奥妙，克里克放弃了粒子物理的研究计划，对从未打算涉猎的生物学课题产生了浓厚的兴趣，还在读大学的沃森即立志献身于揭开生命遗传的奥秘。贝塔朗菲(L. Bertalanffy)的生命系统论和普里高津(I. Prigogine)的耗散结构理论的建立也从该书得到过启示。

2 生物物理学在我国的奠基

科学“先行者”的推动作用，在我国生物物理学的奠基和发展过程中同样起到了至关重要的作用。推动我国生物物理学研究的先行者和学科奠基人，是贝时璋教授。

贝时璋是著名生物学家、教育家，1928年获德国图宾根大学自然科学博士学位。1929年回国，创建浙江大学生物学系。1948年当选中央研究院院士。1955年选聘为中国科学院学部委员(院士)。

早在20世纪20年代，在图宾根大学动物学系留学期间，贝时璋就不仅学习了生物学的课程，还学习了物理学、化学、古生物和地质学等课程，并经常参加与物理系一起开展的学术交流，逐渐认识到不同学科之间的相互交叉与融合对生物学发展的

促进作用。

为适应科学发展的需要，贝时璋在多年的科学生涯中，一直有意识地关注与促进着学科的交叉。

20世纪30年代，在浙江大学担任生物学系主任时，贝时璋就确定以发展应用物理学和化学方法研究生物学问题的实验生物学为主要方向。贝时璋遵循他一贯重视学科交叉的理念，在科学实践过程中形成了学科交叉和发展边缘学科的学术思想。到40年代，贝时璋渐渐地洞察到物理学和生物学相互交叉和融合的大趋势，深信这将促使生物学从描述性科学向定量性科学转变，他坚持自学高等数学，并不断充实自己的物理学和化学知识。

20世纪50年代中期，贝时璋基于所积累的知识 and 多年的思考，推动学科交叉的学术思想更为成熟。国际上，生物物理学作为一门独立学科的诞生以及所取得的重大成果，更使他深刻地意识到，只有深入开展生物物理学和生物化学研究，才能使生物学获得长足发展、最终揭示生命的本质。贝时璋积极阐释学科交叉思想，并筹划着组织生物学、物理学、化学和数学专业人员合作共事，把物理科学的思想、方法和概念运用到生物研究中来，促进生物学的新发展。

1956年，贝时璋作为“中国访苏代表团”和“中国科学院访苏代表团”的顾问组科学家，在3个月行程中，重点访问和考察了苏联科学院和高等院校的放射生物学、生物物理学和生物化学方面的教学和研究工作及其组织情况，并与相关的机构和科学家商谈了合作事宜。为他规划在我国开拓新学科、开展生物物理学研究做了准备。

1956年，在参加编制国家《1956~1967年科学技术发展远景规划》时，贝时璋主持制定“自然科学中若干重要的基本理论问题”，亲自起草了生物物理学学科发展规划，构思了我国生物物理学学科的发展框架。

同年7月，中国生理科学会在北京召开第13届会员代表大会期间，成立了“生物物理学专业委员会”，组织与指导生物物理学学术活动的开展。贝时璋当时是中国生理学会常务理事，负责生物物理学专业委员会的工作。

经过精心准备，贝时璋以战略科学家的高瞻远瞩，承担了建立生物物理学研究所的重担。1958年7月29日，中国科学院第九次院务常务会议，通过了将贝时璋任所长的北京实验生物研究所改建为生物物理研究所，专门从事生物物理学研究，

9月26日得到国务院的正式批准。这是当时世界上少数几个生物物理学专业研究机构之一，它的建立标志着生物物理学作为一门独立的学科在我国正式确立，并为发展我国的生物物理学树立起一面旗帜，为其后的蓬勃发展奠定了组织基础。

20世纪50年代，对于学科交叉的可能与必要、对于生物物理学能否作为一门独立的学科，在国内还是一个争论得十分激烈的问题。反对者既来自生物学家，也来自物理学家，最为直言不讳的反对意见是“只有生理学，没有生物物理学”。生物物理学的发展道路在中国并不平坦，几起几落，历经艰辛。但是贝时璋始终坚定信心，排除干扰，不断推进着生物物理学的发展。1958年至1983年贝时璋担任所长25年，生物物理研究所无论在学科发展、人才培养和研究成果方面都取得了众多成就。

贝时璋敢于迎接挑战，在思想上对学科交叉的意义已经深思熟虑，并充分估计到了开创新的交叉学科必然会遇到的反对意见的激烈程度，他做好了持之以恒地发展生物物理学的一切准备，并用耐心说理的办法、坚持不懈地去做说服和宣传工作。从事生物物理学研究的人员素质要求较高，生物物理研究所的战略部署是，以招收生物学、物理学、化学、医学、电子学、计算机、工程技术等各类不同专业的大学毕业生，进行多学科培训，“从头培植”生物物理学新生力量为主，以吸收志同道合的其他学科的学者“加盟”为辅，共同建设生物物理学新兴学科。生物物理研究所建所10年之后，全所人员的专业组成，除普通生物学专业之外，还有生理学、生物化学、生物物理、普通物理、核物理、理论物理、医学、有机化学、分析化学、无机化学、物理化学、数学、应用数学、电子学、无线电学、自动控制等理工医农4个门类、16个学科、85个专业，形成了一支多“兵种”的科技队伍。这种多学科交叉与融合建设研究所的成功模式，在中国科学院、在全国是独一无二的，在世界范围也独树一帜。

在中国科学院生物物理研究所建所之初，拟定的主要发展方向：一是研究有机体的物理学及物理化学过程，二是研究外界物理因素在不同条件下对有机体的影响及其机制；同时，也注意到生物物理学的发展要有相应的技术发展来配合，对于生物物理学仪器，不但要仿制、改进，还要不断有新的创造。当时还确定了“重点发展，全面安排”的研究

所发展方针和学科任务。回顾生物物理研究所走过的道路，可以看到，当年确定的研究方向与国际生物物理学在这一时期的发展轨迹基本吻合。

由于生物物理学的特点，从事这一学科研究的人员应具备多方面的专业知识和科学素养。为此，在建立生物物理研究所的同时，贝时璋1958年9月又在中国科学技术大学创办了生物物理系并出任系主任，有针对性地为我国生物物理学的发展培养专门人才。中国科学技术大学生物物理系，是当时世界上唯一的生物物理“系”，1963至1965年毕业的前三届200多名毕业生，成为了我国生物物理学早期发展的骨干力量。

中国科学院生物物理研究所和中国科学技术大学生物物理系的创建，带动了国内多所大学如复旦大学、北京大学、北京医学院、上海第一医学院、上海第二医学院等，于1958~1959年相继开出了生物物理学课程，建立起生物物理学教研室，有的还创办了生物物理学专业。从此，生物物理学在我国蓬勃发展起来，也带动一些研究机构如中国科学院上海生理研究所、中国医学科学院基础医学研究所等单位，开展了与生物物理学相关的研究工作。

完成生物物理学的奠基之后，在很长一段时期内，在每一次全国生物物理学术会议上，贝时璋都适时地提出全面的指导意见，不间断地促进着我国生物物理学的稳步发展。



图1 贝时璋(左1)率中国科学家代表团访问英国(1972年)时会见诺贝尔奖获得者佩鲁茨(左2)和肯德鲁(左3)

3 我国生物物理学的前期发展

以中国科学院生物物理研究所的成立为主要标志的我国生物物理学的发展，始于1958年，在1958~1961年之间经历了大发展。而在之后的

“三年困难”时期至 1964 年, 由于种种原因, 一些单位的生物物理学教学与研究工作了马, 6 年之内经历了一个大起大落. 造成此种局面的原因很多, 而思想认识上的不一致则是重要原因. 围绕着包括生物物理学学科的定义、研究内容、理论体系、有无必要独立成为一门学科、乃至对物理学和生物学这两门学科相结合的不同哲学观点等等的争论, 在思想认识上引起了较大波动.

1964 年 8 月 7~15 日, 在大连召开中国生理科学会第 14 届会员代表大会期间, 召开了第一次全国生物物理学学术会议, 这是在关键的历史时刻统一思想认识、检阅生物物理学界成果的一次大会, 对我国生物物理学的发展具有重要意义. 到会 75 人, 提交论文 103 篇, 另有 11 位研究人员做了综述报告, 交流了各自的研究工作. 论文涵盖了理论生物物理学、生物大分子化学、光合作用光反应和生物物理仪器 4 个专题.

在这次会议上, 贝时璋做了题为《生物物理学中的若干问题》的大会报告. 报告首先论述了学科相互渗透的意义, 指出物理学对物质世界的高度概括为自然科学的理论和实践做出了巨大贡献, 通过生物物理学研究, 将为整个自然科学带来许多新的内容; 生物物理学研究生命的质量、能量和信息及其相互关系, 并把环境的影响与之联系起来, 由微观到宏观去阐明生命的本质, 对生命进行概括, 从而可以更完整地认识自然界.

报告为生物物理学在我国的发展提出了一些具有指导意义的重要方向与课题, 开阔了与会者的视野. 面对当时困难的外部环境, 贝时璋坚定的信心和鲜明的观点对于我国生物物理学工作者来说无疑起到了巨大的鼓舞作用.

汇集会议论文和报告的《第一次全国生物物理学学术会议汇刊》, 1965 年由科学出版社正式出版发行, 成为我国第一部生物物理学研究成果的文字记录.

此后, 国内一批坚定的生物物理学工作者迅速成长起来, 尽管有十年“文化大革命”的严重干扰, 生物物理学的各个领域依然都在逐渐发展. 1978 年, 在青岛举办的中国生理科学会第十五届全国代表大会上, 生物物理学专业委员会召开了第二次全国生物物理学学术会议, 除学术交流外, 与会代表分析、讨论了国内外生物物理学发展概况, 研究了当时面临的任务, 一致同意建立独立的中国生物物理学会: 由到会的中国科学院生物物理研究

所、上海生理研究所、中国医学科学院基础医学研究所、北京大学、复旦大学、北京医学院、上海第一医学院、上海第二医学院等 8 个单位发起筹备, 由生物物理研究所进行具体筹建工作. 1979 年 11 月, 中国科学技术协会主席团正式批准成立中国生物物理学会.



图 2 中国生物物理学会第一届理事会理事长贝时璋(右 2)与副理事长及秘书长合影(1980 年)

副理事长林克椿(右 1)、徐京华(右 3)、程极济(左 1), 秘书长沈淑敏(左 2).

历经 20 年艰苦发展过程, 生物物理学终于以成立一级学科学会作为标志, 争取到独立学科的地位. 1980 年 5 月 4~9 日, 在北京海运仓的总参谋部招待所, 隆重召开了中国生物物理学会成立大会暨第三次全国生物物理学学术会议, 全国 82 个研究单位和高等院校的代表共约 200 人到会. 贝时璋当选为中国生物物理学会第一届理事会理事长.

中国生物物理学会的建立, 开创了我国生物物理学新的发展时期. 正如贝时璋在大会开幕词中所说: “在 80 年代的第一个春天, 生物物理学会正式成立, 揭开了我国生物物理学发展的新篇章.” 贝时璋所做的题为《对我国生物物理学发展的几点希望》的大会报告, 再次强调了把握生物物理学学科方向的重要性. 从学科发展的角度看, 一个重要问题便是如何使生物物理学逐步地成为定量科学. 对于定量科学更重要的是, 要能提出和建立广义理论, 或带有广泛意义的定律和法则, 或对于阐明某一自然规律具有普遍性的意义. 一方面, 要把复杂的生命系统用物理概念和方法尽可能地加以合理的简化来进行研究; 而另一方面要有更大的比重, 利用现代化仪器技术广泛地开展生物物理学的实验研究, 从而取得更多正确的数据, 为创造理论和丰富实际做出贡献.

中国生物物理学会成立之后, 我国生物物理学

有了更大发展:

1983年11月在石家庄召开的第四次全国生物物理学大会, 与会代表283人, 提交论文340篇; 1986年10月在杭州召开的第五次全国生物物理学大会, 134个单位的436人参加会议, 提交论文477篇; 1990年5月在苏州召开的第六次全国生物物理学大会, 与会代表397人, 提交论文629篇。

各次大会提交论文所涉及的研究范围逐步扩展, 已经包括了分子生物物理、膜与细胞生物物理、神经生物物理、辐射生物物理、理论生物物理、生物控制论和信息论、环境生物物理、生物力学与生物流变学以及现代生物物理实验技术与仪器等。

1983年, 贝时璋80岁高龄, 改任名誉理事长。虽然此后他已不便远行, 但对每次大会和学术会议的内容和情况都非常关心。1983年的第四次全国生物物理学学术会议, 他提交了书面大会报告《在生物物理学研究中要重视环境物理因素对生物的作用》, 强调了环境对机体的作用, 一切生命活动不能脱离环境, 一切生命现象都有环境因素与之联系在一起, 而且经常作为动因。还以我国生物物理学发展中开始研究较早的两个领域——放射生物学和宇宙生物学(今称空间生物学)作为例子, 详细说明了研究环境生物学问题和特殊环境生物学问题的重要性。

1988年, 在生物物理研究所成立30周年学术报告会上, 贝时璋又做了题为《在生物物理学研究中值得注意的几个问题》的报告。贝时璋指出, 当时面临着高科技发展时期, 生物物理学研究必须跟上形势, 提出了在当时的生物物理学研究中值得注意的生命的本质、生命世界的自组织和生物物理学与生物工程学的关系3个问题。

随着学科的发展, 生物物理学教学与科研人数不断增加, 为开展广泛的学术交流, 1974年生物物理研究所创办了面向全国学术期刊《生物化学与生物物理进展》。作为科学交流的平台和传播科学研究成果的桥梁, 《生物化学与生物物理进展》见证了我国生物物理学的发展历程, 也为促进我国生物物理学的发展做出了贡献。1993年起, 《生物化学与生物物理进展》改由生物物理研究所和中国生物物理学会共同主办, 更进一步密切了与生物物理科学工作者的联系, 扩大了影响, 并被SCI、CA、俄罗斯文摘等国际权威检索系统及国内各大检索系统收录, 从而为国际学术界认知和国内生物

学界认可。

1985年, 中国生物物理学会会刊《生物物理学报》创刊。2010年, 改由中国生物物理学会与生物物理研究所共同主办。经过多年工作, 《生物物理学报》已被CA和国内主要检索系统收录, 在国内外都有了一定影响。作为我国唯一的生物物理学专门学术期刊, 《生物物理学报》对我国生物物理学学科的发展和生物物理科学工作者的学术交流, 起到了积极促进作用。

随着我国生物物理学的发展, 中国生物物理学界与国际同行的交往日益扩大, 1984年中国生物物理学会成为“国际纯粹与应用生物物理联合会”(IUPAB)的国家会员。此后, 中国生物物理学工作者, 开始频繁地参加国际生物物理学界的学术交流活动。1985年起, 中国生物物理学会又与日本生物物理学会联合组织, 定期在中国和日本轮流召开“中日双边生物物理学学术会议”, 开展了广泛而深入的学术交流。

4 交叉学科的建立

学科交叉是生物物理学发展的基础, 从学科发展和国家需要两方面出发, 我国生物物理学交叉学科的前期建设与发展, 采取了“任务带学科”的方针, 生物物理研究所率先建立起放射生物学、生物控制论、宇宙生物学和仿生学4个交叉学科。

4.1 放射生物学

1955年1月, 中国政府做出发展原子能事业的决定。随即中国科学院近代物理研究所帮助北京大学创办了“技术物理系”, 帮助清华大学创办了“工程物理系”, 学生从全国高校物理系三年级学生中择优选拔, 并从国家派到苏联和东欧的理工科留学生中, 挑选出300名工程、物理、化学、农业、医学和生物学等专业的留苏学生, 派往莫斯科的各相关单位和院校, 接受与原子能有关的短期专业训练与学习。

1955年8月, 中国科学院近代物理研究所改建为原子能研究所, 担负起发展我国原子能事业的重要任务。要发展原子能的研究与应用, 必须建立放射生物学学科, 研究放射性辐射(电离辐射)的生物学效应及其作用规律, 以利用电离辐射的有益方面, 防止和修复辐射对人类的有害方面。改建后, 原子能研究所随即成立了我国第一个放射生物学研究室, 聘请贝时璋担任研究室主任, 开始筹建工作。

放射生物学研究室在国内选拔了一批医学、农学、生物学、物理学和化学专业大学毕业生,送往中国科学院有关研究所进修,1957年秋完成培训的留苏学生们陆续回国,放射生物学研究室立即开展工作。首要的是确定研究室的科研方向。贝时璋从国家长远利益出发,提出以辐射防护的生物学研究为主攻方向,在这个研究方向组织研究课题,发挥各专业人员的作用,进行学科的交叉渗透。放射生物学研究室逐步形成了4大课题:a. 生物防护剂量的研究, b. 辐射卫生防护研究, c. 放射生态学研究, d. 生物化学防护研究。

到1963~1964年间,根据国家原子能事业发展的需要,有关部门决定以原子能研究所的放射生物学研究室和剂量研究室为基础,组建了一个部属的辐射防护研究所,后来又扩建为中国辐射防护研究院,为国家的原子能事业发挥了重要的作用。

1956年,制定国家《1956~1967年科学技术发展远景规划》,贝时璋主持制定生物物理学规划,将放射生物学列入了分支学科规划之中。

鉴于我国的放射生物学尚处于萌芽阶段,为吸取开展放射生物学的经验,1957年贝时璋在参加中国科学技术代表团在莫斯科与苏方会谈中苏科学技术合作问题期间,参观了苏联科学院、医学科学院、莫斯科大学的生物物理学和放射生物学研究单位。参观了解的内容包括,开展放射性工作的安全问题、操作规程与技术措施,以及苏联放射生物学的现状与发展方向、人员配备与人才培养,并与苏联学者建立起学术联系。此外,为帮助我国高等学校建立放射生物学专业也搜集了部分教学资料。此举为日后发展我国的放射生物学提供了借鉴、做了充分的准备。

1958年10月,贝时璋在刚刚建立的生物物理研究所又组建了一个规模更大的放射生物学研究室,开展起放射生态学、放射防护和放射遗传学方面的研究,后来又陆续开展了辐射剂量学、放射性测量、放射性本底调查和内照射生物学效应等项研究。同年,在中国科技大学生物物理系开设了放射生物学课程。此后,国内许多单位的放射生物学和放射医学的教学与研究工作的开展起来。

1960年2月7日至11日,在北京香山饭店召开的全国放射生物学工作会议,对全国放射生物学和放射医学的发展更起到了积极推动作用。

1963年8月28日至9月12日,国家科委在北京召开了全国放射生物学和放射医学学术交流会

议,收到论文684篇,研究领域已涉及到放射生物学、放射医学、放射卫生、辐射剂量和放射性测量以及同位素在生物学和医学上的应用5个方面。论文数量已达到世界年文献量的1/10,质量也已经达到国际文献的一般水平。而且对比世界的研究现状,我国放射生物学、放射医学的发展不仅领域比较全面,5个方面的研究比重也较为平衡;我国的有些研究工作做得已经很细致,讨论问题也相当深刻。

随着研究任务的扩大,1964年9月,生物物理研究所的放射生物学研究室按研究领域分成了外照射和内照射两个研究室,研究技术人员分别为65人和37人,发展方向是研究电离辐射对机体的作用机制和放射病的防治原理。具体任务是研究机体的急性和慢性辐射损伤、提高机体对辐射的耐受性、电离辐射对感染免疫的影响、电离辐射原发反应的机制、辐射剂量和放射性测量等。还在各地建立了18个本底工作站,开展全国放射性本底调查工作。这两个研究室的研究方向都结合国家任务来带动。最重要的一项国家任务是参加了我国的6次核爆炸现场动物实验,历经20年,观察实验动物及其后代的后期和远期辐射效应,探讨各种防护措施。基本掌握了核爆炸辐射引致动物的近期和远后期疾病的发生、发展规律,填补了我国在核试验远后期辐射效应领域的空白,研究成果处于当时的国际领先水平。

4.2 生物控制论

1948年,美国数学家维纳(N. Wiener)发表了著名的《控制论——关于动物和机器控制与通讯的科学》一书,把控制论看作是研究动态系统在变化的环境中保持平衡状态或稳定状态的科学。此后控制论的思想和方法逐渐渗透到了自然科学和社会科学的众多领域。

控制论应用于研究生物系统的控制与信息处理机理,称为生物控制论,研究内容包括生物信息理论、生物自动控制系统的工程调节原理、大脑与计算机的类比等。

1959年秋,在贝时璋指导下,生物物理研究所选派了生物学、数学和理论物理学专业的三位年青研究人员建立了“生物物理理论研究组”,开展生物控制论的研究。他们选择了应用工程自动调节原理去描述小白鼠体温调节系统的课题,建立用于描述“输入”(环境温度)与“输出”(体温)关系的“传递函数”。有了传递函数,就可以根据“输入”

计算出它的“输出”，因而这个函数可以用来描述系统特性。传递函数还可用于表述心脏、呼吸器官、瞳孔等的某些生理特性。显然，做这样的课题，需要他们三个人专业知识的交叉融合。要写出体温调节系统的传递函数，需要用频率特征的方法，来获取系统的频率特征信息。为着满足频率特征方法的要求，系统要工作在线性区、系统的“输入”变量应为正弦变化。实验连续做了三年，他们求得了正常情况下小白鼠体温调节的频率特性，得到了体温调节系统的传递函数。体温调节和感受器特性等都是生理学中的老课题，用自动调节理论来考查和设计实验，取得了一些用传统研究方法无法获得的结果。1961年，生物物理研究所又组成了另一个研究小组，相继开展了《蟾蜍肌梭单个神经的传递函数》、《某些感受器的动态分析与模拟》和《蟾蜍肌梭感受器的数学模型与模拟》的研究。

在这一时期，国内一些高校和科研单位也相继开展了生物控制论的教学与研究工作，研究范围逐渐涉及到生物信号分析与研究、生物调节与控制、生物系统的模型与辨识等。

4.3 宇宙生物学

在宇宙空间中航行，动物和人会面临不同于地球表面的特殊环境因素，这些因素对人和动物机体的影响是应该重点研究的。环境物理因素对生命的影响是生物物理学的重要研究内容，承担这一研究任务的是一门新兴交叉学科，早年称为宇宙生物学(cosmobiology)，近年改称空间生物学(space biology)。

1957~1958年苏联和美国相继发射人造地球卫星。1958年5月，中国科学院关于开展人造地球卫星研制工作的报告得到中央批准。8月，科学院决定将人造地球卫星的研制确定为1958年的头号重点任务，代号“581”，并成立了我国第一个卫星总体规划设计机构“581组”，负责组织和协调人造卫星和火箭探空研究。

中国科学院“581”组决定由生物物理研究所负责“581”任务中的生物学实验工作。生物物理研究所随即组建了“581生物研究小组”，研究与高空探测和人造卫星上天相关的生物医学问题，进行地面模拟实验，为动物航天积极进行准备工作。国内参加此项工作的还有军事医学科学院生理研究所、中国科学院生理研究所和空军航空医学研究所。

1959年，581生物研究小组扩建成为宇宙生物

学研究室，承担国家探空任务中有关宇宙生物学的工作，建立了地面实验系统、生物遥测和生理指标测量仪器，开展了全面的地面模拟实验；开展高空探测和宇宙航行中的生物学问题研究，研究超重、失重和宇宙射线等外界环境因素对生物的影响。

此后，由于研究工作快速进展的需要，也为适应我国人造卫星研制等空间事业发展的形势，宇宙生物物理学研究室的人员数目不断增加，由一个研究室扩展成三个研究室的建制，到1966年，已经形成了多种专业人员相互配合的100余人的研究队伍。

1959年，按照中央的指示，中国科学院调整了发展空间技术的布局，把重点转移到研制探空火箭、开展高空探测，并决定由贝时璋担任探空火箭生物学实验组组长。

从1964年至1966年，生物物理研究所承担了生物探空火箭的全部生物实验工作，使用中国科学院上海机电设计院制造的T-7A(S1)和T-7A(S2)生物探测火箭，成功地发射了我国第一批共5枚生物探空火箭，成功回收了火箭搭载的生物样品和实验动物(包括两只小狗)，获得了我国首批宝贵的宇宙生物学资料，使我国的宇宙(空间)生物学研究向前迈进了一大步。

1966年初，中央专委曾委托贝时璋与军事医学科学院副院长蔡翘和中国医学科学院副院长沈其震，共同组织拟定了“载人宇宙航行规划”的医学生物学部分。规划设想的总目标是在1973~1975年发射第一艘载人宇宙飞船，实现我国第一次载人宇宙航行。其中提出为确保宇航员的安全和活动必须解决的主要技术关键问题，有生命保障、返回和救生的医学保障、宇航员的选拔训练与医务保证、人-机关系、生物遥测和数据处理等。在主要措施中提出了筹建宇宙医学和宇宙生物医学研究中心及大型模拟设备的规划。

作为队伍保证，1968年抽调中国科学院生物物理研究所的100余名宇宙生物学研究技术人员，与军事医学科学院及中国医学科学院等单位的相关人员，组建了航天医学工程研究所。由于“文化大革命”，规划中的很多任务都没有执行，然而航天医学工程研究所这支集中了我国宇宙生物医学研究力量的优秀队伍则做了大量基础研究工作，后来成为发展我国载人航天工程的骨干力量。航天医学工程研究所承担了1992年启动的我国载人航天工程中“航天员系统”的工作，圆满完成了“神舟号”载人飞船把航天员送上太空的任务，将我国的空间

生物学研究推向了一个新的高度。

4.4 仿生学

1960 年美国在一个空军基地召开了由不同学科人员参加的学术讨论会, 命名了一个新的学科——仿生学(bionics)。仿生学的目标是研究生物体功能和结构的原理, 为工程技术提供新的设计思想, 制造新型仪器设备和进行技术创新。显然, 仿生学也是典型的交叉科学, 是把生物学与数理科学乃至工程技术联接起来。

1964 年 4 月生物物理研究所正式建立了仿生学研究室, 确定以图像识别作为研究方向开始工作。其中, 研究青蛙捕食行为中的视觉作用机理, 提出了独创的数学模型, 并利用光、机、电技术进行模拟, 研制出第一台仿生学装置——可控小口径步枪, 在打靶试验中取得百发百中的命中率, 达到了当时国际先进水平。又相继开展了微光夜视、复眼光学、生理光学、激光生物效应、动物地震预报等项研究。

后来, 集中研究包括昆虫、两栖动物、鸟类、哺乳动物和人类视觉的信息加工机理与模拟。

生物物理研究所在我国仿生学研究中先行一步, 广泛接受来自全国的关于仿生学的咨询, 还与中国科学院图书馆广泛收集资料, 编辑出版了 3 册《仿生学资料汇编》, 收入 5000 余条文献, 推动了我国的仿生学研究。

1977 年, 受中国科学院委托, 生物物理研究所主持制定出《全国仿生学 8 年研究规划》, 参加单

位有中国科学院所属上海生理研究所、心理研究所、沈阳自动化研究所和中国科技大学。规划提出的研究领域, 包括动物感官的研究与模拟、脑功能的研究与模拟、海洋仿生及其他、医学仿生及生物医学工程研究 4 个方面, 并对我国仿生学的总体发展应采取的措施提出了建议。

主要参考文献

- [1] 王谷岩. 贝时璋传. 北京: 科学出版社, 2010
Wang G Y. Biography of BEI Shi-Zhang. Beijing: Science Press, 2010
- [2] 贝时璋. 生物物理学中的若干问题. 在“第一届全国生物物理学学术会议”上的报告(1964 年 8 月), 第一届全国生物物理学学术会议汇刊, 北京: 科学出版社, 1965: 13-21
Bei S Z. Some problems in biophysics//Proceedings of First National Conference on Biophysics of China. Beijing: Science Press, 1965: 13-21
- [3] 贝时璋. 对我国生物物理学发展的几点希望. 在“中国生物物理学会成立大会”上的报告(1980 年 5 月). 生物科学动态, 1980, 4: 1-9
Bei S Z. Some suggestions on development of biophysics in China. Shengwu Kexue Dongtai, 1980, 4: 1-9
- [4] 贝时璋. 在生物物理学研究中要重视环境物理因素对生物的作用. 在“中国生物物理学会第四届全国学术会议”上的报告(1983 年 10 月). 大自然探索, 1984, 4: 13-15
Bei S Z. We should pay attention to the role of environmental factors on organisms in biophysics research. Discovery of Nature, 1984, 4: 13-15
- [5] 贝时璋. 在生物物理学研究中值得注意的几个问题. 在“生物物理研究所成立 30 周年学术报告会”上的报告(1988 年 9 月). 《生物物理学报》, 1989, 5(2): 213-218
Bei S Z. Some noteworthy problems in biophysics research. Acta Biophysica, 1989, 5(2): 213-218

Foundation of Biophysics and Establishment of Interdisciplinary Subjects in China

WANG Gu-Yan*

(Institute of Biophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract As a new independent subject, biophysics emerged in the early 1950's. The Institute of Biophysics, Chinese Academy of Sciences, was established in 1958. It was the milestone of the beginning of biophysics in China. This review introduces the foundation and the early development of biophysics in China, and the establishment of the interdisciplinary subjects, including radiation biology, bio-cybernetics, astrobiology, and bionics.

Key words biophysics, interdisciplinary subject, radiation biology, bio-cybernetics, astrobiology, bionics

DOI: 10.3724/SP.J.1206.2014.00209

*Corresponding author.

E-mail: 15652040830@163.com

Received: July 22, 2014 Accepted: September 1, 2014