

不忘初心，砥砺前行 ——记中国科学院西北高原生物研究所兽类学研究发展历程

边疆晖¹ 王德华^{2*}

(1 中国科学院西北高原生物研究所, 中国科学院高原生物适应与进化重点实验室, 西宁 810001)

(2 山东大学生命科学学院, 青岛 266237)

摘要: 2022年是中国科学院西北高原生物研究所(以下简称西高所)建所60周年(1962—2022)。西高所的兽类学研究也走过了60年的历程,经历了从无到有,从小到大不断发展壮大的过程。60年来,西高所的兽类学研究始终立足青藏高原,立足基础和应用基础研究,面向国家需求,围绕为区域经济和生态保护服务,在不同阶段开展了大量相应的工作,培养了大批科技人才,出版了多个学术刊物,为我国的兽类学及兽类生态学发展做出了重大贡献。

关键词: 哺乳动物; 种群; 进化; 适应; 生理; 啮齿动物; 鼠害管理

中图分类号: Q95 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000–1050 (2022) 05–0477–05

Research advance and perspective on mammalogy in Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences

BIAN Jianghui¹, WANG Dehua^{2*}

(1 Key Laboratory of Adaptation and Evolution of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China)

(2 School of Life Sciences, Shandong University, Qingdao 266237, China)

Abstract: The year 2022 marks the 60th anniversary (1962–2022) of the establishment of Northwest Institute of Plateau Biology (NWIPB), Chinese Academy of Sciences. The mammalogy research of NWIPB has also gone through the course of 60 years, which has experienced the continuous development and expansion process from nothing to nothing. Over the past 60 years, the research in mammalogy at NWIPB has always been based on the Qinghai–Tibet Plateau, based on basic research and basic application research. To meet the needs of the state, serve for the regional economy and ecological protection, a large number of corresponding work has been carried out on mammalogy, a large number of scientific and technological talents have been cultivated, several academic publications have been published by NWIPB, which has made a significant contribution to the development of mammalogy and mammalogy ecology.

Key words: Mammalogy; Population; Evolution; Adaptation; Physiology; Rodent; Pest management

西高所始建于1962年。1965年中国科学院进行调整,将中国科学院动物研究所的动物生态研究室和昆虫生态室、中国科学院华北生物研究所动物研究室部分人员迁至西宁与中国科学院西北高原生物研究所合并,使西高所兽类学研究力量得到极大加强。

建所伊始(1961—1966),西高所兽类学的主要工作以开展动物区系的野外调查为主。1971—

1975年,夏武平连续组织西高所科研人员先后赴藏北、藏南及青南地区进行综合科考,1986年与美国蒙大拿州立大学合作,进行了鸟兽生态学中美联合考察,在青藏高原动物种类、区系组成、多样性以及适应性等方面积累了大量本底资料,于1991年出版了《青海经济动物志》,并参与编撰《西藏哺乳类》、《中国动物志》兽纲食肉目和啮齿目等工作,为厘清青藏高原动物种类分布以及为

作者简介: 边疆晖(1964–),男,研究员,主要从事小哺乳动物种群生态学研究。

收稿日期: 2022–07–28; **接受日期:** 2022–08–10

* 通讯作者, Corresponding author, E-mail: dehuawang@sdu.edu.cn

之后的三江源国家公园的建立奠定了坚实基础。其中,《青海经济动物志》在1992年获青海省科学技术进步三等奖。

20世纪60年代,青藏高原草原鼠害日趋凸显。如何防治鼠害成为之后近30年西高所的主要工作之一。1965年西高所组建了高原鼠兔生态及危害研究课题组,并邀请夏武平先生指导工作。课题组长初为皮南林,之后依次为刘季科、何新桥,主要人员有刘季科、樊乃昌、张明丽、周文扬和张云占。1966年初,从中国科学院华北生物研究所调来一批从事啮齿动物种群生态学及其危害防治的科技人员,时任西高所副所长的马世骏及动物生态研究室主任的夏武平已先期到所主持1966年的课题计划,他们安排原华北生物研究所动物室已开展的山西阳曲县农田中华鼯鼠(参加人员:王祖望、李俊荣、梁杰荣等)和阿拉善黄鼠(参加人员:蔡桂全、郭全宝、梁俊勋等)种群数量季节变动及繁殖特点等研究课题继续按原计划进行,并于当年完成,结题。上述两课题均按计划完成,并分别于1973年在《灭鼠和鼠类生物学研究报告》第一集上发表。1967年,新疆小家鼠大暴发,西高所成立新疆鼠害研究组,主要成员有朱盛侃、陈安国、严志堂、李春秋等,并在夏武平的指导下,针对新疆小家鼠和灰仓鼠,开展了长达10年的种群监测工作,这在全国尚属首次。与此同时,开展了小家鼠种群生态学研究,发表了10余篇论文,出版了《小家鼠生态学特性和预测》专著,并从种群调节的内因和外因角度,提出了密度制约负反馈调节和气候因素是影响小家鼠种群动态的重要因子的观点。该观点的提出,标志着西高所种群生态学研究处于全国领先水平。在20世纪70—80年代初期,为满足短期内快速有效地抑制鼠害的实际生产需求,樊乃昌、何新桥、施银柱、王学高、周文扬、张明丽、梁杰荣、王祖望、蔡桂全、曾缙祥、辛光武、景增春等先后开展了甘氟、大隆、溴敌隆、敌鼠钠盐、氟乙酰胺等一系列灭鼠药物的筛选工作,同时,何新桥、王祖望、梁俊勋、黄永昭、王基琳等探讨了微生物灭鼠的可能性。上述工作为解决当时我国鼠害问题做出了重要贡献,并由此带动了西高所鼠类生物学及生态学的发展,研究对象涉及高原鼠兔、高原鼯鼠及喜马拉雅旱獭等,研究内容包括鼠类繁殖、食物选择、

栖息地选择、种群数量变动以及鼠类对植被的影响等方面。在此期间,曾缙祥、王祖望主持的高原鼠兔及中华鼯鼠气体代谢研究和施银柱主持的高原鼠兔种群年龄及繁殖的研究分别获得青海省科技研究成果三等奖,梁杰荣主持的高原鼯鼠和高原鼠兔数量的相互关系及其对草场植被的影响获四等奖。

随着改革开放和国际学术交流的增加,20世纪80年代后,西高所兽类学及兽类生态学研究得到蓬勃发展,进入了崭新阶段。

在能量生态学和生理生态学研究领域,王祖望及其课题组开展了高寒草甸小型哺乳动物的种群能量流动和能量收支、代谢产热季节变化及其对高原环境的适应和胎后体温调节发育等方面的开拓性研究,特别是对极端环境适应性方面,提出了通过增加褐色脂肪组织和非颤抖性产热能力来度过漫长而严酷的冬季、褐色脂肪组织线粒体的适应性变化是非颤抖性产热的生化基础和非颤抖性产热在体温调节中占主导地位的观点,西高所成为我国开展能量生态学和动物生理生态学研究较早的单位之一,促进了我国动物生理生态学领域的发展。20世纪70年代,国际科学联合会组织推动了生物计划(International Biological Program, IBP),许多国家组织了以生态系统为研究对象的大型综合研究计划。20世纪80年代初期,我国也开展了生态系统结构与功能的研究,期间,王祖望和孙儒泳率先在国内介绍国外有关陆地生态系统次级生产力的研究方法,并在中国科学院生物局主办的香山陆地生态系统研究讲习班上做了研究方法的介绍。此后,王祖望对高寒草甸根田鼠种群的次级生产力及其能量动态做了深入系统的研究。

在鼠害生态治理领域,早在1983年施银柱首次发现了高原鼠兔回避郁闭生境的现象,成为之后草原鼠害生态治理的重要依据。“八五”期间,樊乃昌领导的啮齿动物行为及防治研究室在青海省门源回族自治县盘坡地区开展了高原鼯鼠和高原鼠兔综合治理研究,研发出无损伤活捕笼及无线电遥测系统,为研究行为学问题提供了有效手段;此外,还设计研发了模拟鼠洞道投饵机,在大面积灭鼠活动中取得可喜成效,提出了在退化草地灭鼠后,采用补播、围栏封育、适度放牧和

化学除杂类草等措施相结合的综合治理对策，在对青藏高原草地主要鼠害的综合治理中，取得了十分显著的生态、经济及社会效应，对之后的青藏高原退化草地生态系统的恢复及黑土滩治理起到了引领和示范作用，其研究水平位居国内外领先地位，获中国科学院科技进步二等奖。这些研究成果比较集中地反映在王祖望和张知彬编著的《鼠害治理的理论与实践》、张知彬和王祖望编著的《农业重要害鼠的生态学及控制对策》以及 Singleton 等 (1999) 编著的 *Ecologically-Based Management of Rodent Pests* 著作中。同时，开展了鼠类与植被间相关关系、灭鼠后种群恢复、植物群落与鼠类群落变化关系、艾虎及香鼬的生态学特性等方面的工作，并从生态系统物种间互作角度，提出了从生态演替规律出发，在退化严重的草地上，通过人类的合理参与，协调动植物群落间的结构关系，以达到控制有害小哺乳动物的生态治理对策。

在高原低氧生理学领域，杜继曾及其课题组开展了动物对低氧环境应激与适应的亚细胞作用与机理，低氧对动物下丘脑—垂体—肾上腺轴发育的效应，神经肽对垂体—肾上腺皮质轴的调制，对生殖轴、甲状腺轴和生长激素轴的调控以及与免疫网络相互作用等方面的工作，为阐明高原动物低氧适应的科学问题做出了开拓性贡献。

在小哺乳动物种群生态学领域，早在 20 世纪 80 年代初期，曾绍祥和王祖望等对小家鼠种群的研究中发现，种群密度与小家鼠肾上腺和血糖呈正相关关系，而与胸腺和性腺呈负相关关系，成为我国从生理生态学角度探讨啮齿动物种群波动的首个研究案例。80 年代中后期，刘季科率先在国内开展了小哺乳动物种群调节机理的实验调控研究，建立了小型哺乳动物种群系统调节新复合因子理论。该工作是我国动物生态学领域首次开展的假设驱动型实验调控科学研究，对我国种群动物生态学研究发展具有深远的影响。在此研究基础上，开展了相互作用因子对田鼠种群动态和空间行为效应的格局与机制的研究。在国内首次把生理学的应激概念引入小哺乳动物种群调节，为之后开展的整合应激效应在小哺乳动物种群调节中的作用起到了奠基和启蒙作用。此外，西高所对灰仓鼠和小家鼠种群持续开展了连续 16 年的

动态研究，对根田鼠开展了连续 3 年种群动态研究。在 20 世纪 90 年代后期，刘季科拓宽了其研究领域，首次在国内开展了营养生态学研究，内容涉及食物单宁酸对根田鼠生理生态特征及觅食行为的作用格局及机制以及 6-MBOA 对小哺乳动物繁殖的作用等方面工作，当时在国内属开拓性和前瞻性的工作。

在行为生态学研究领域，我国起步较晚，西高所是国内较早开展该领域研究的单位。20 世纪 80 年代中期，王学高与美国亚利桑那大学 A. T. Smith 博士合作开展了高原鼠兔空间行为、交配关系和社会行为等方面的研究。之后，在甘肃鼠兔的社会行为及其对高寒环境的适应、高原鼫鼠最佳挖掘取食行为、高原鼠兔反捕食行为、香鼬栖息地选择及觅食和育幼行为等方面相继开展了工作。但遗憾的是，之后行为生态学方面的工作趋于停滞。

在青藏高原兽类分类方面，郑昌琳及其课题组在 90 年代率先采用分子生物学技术，并结合形态、生境、地史和化石资料，综合探讨藏鼠兔与高原鼠兔物种的异同。这是国内较早利用分子生物学技术开展物种区系分类的工作。

国际合作方面，在夏武平、王祖望、樊乃昌、杜继曾等历届所长的倡导与支持下，20 世纪 80—90 年代，西高所在兽类学方面的国际学术交流活跃，分别邀请美国、荷兰等国家的多名学者来西高所进行学术交流，并与美国蒙大拿州立大学签订了建立姊妹所(校)关系的协议，与美国野生动物管理总署、美国蒙大拿州立大学、美国科罗拉多州立大学签订了多项合作协议，并于 1986—1987 年在青海西部对动物的种类、数量、生态习性、栖息地环境等进行了中美联合考察；1989 年对麝的行为学及种群数量、艾虎行为生态学进行了合作研究。此外，分别与日本京都大学、美国阿拉巴马州 Auburn 大学和美国亚利桑那大学就高原鼠兔行为生态学进行了合作研究，与美国地质调查局生物资源司大陆生态科学中心合作开展艾虎行为生态学研究。1992 年在青海省西宁市召开了第七届雪豹国际学术讨论会。

从建所至 20 世纪末的 30 余年，西高所的兽类学及兽类生态学研究取得了显著的进步，在多个研究领域走在全国前列，特别是草地鼠害的综合

治理、兽类能量生态学、小哺乳动物种群生态学、高原兽类低氧适应生理学和青藏高原动物区系等领域取得重要成果，奠定了西高所兽类学及兽类生态学在国内的学术地位，成为一支不可忽视的研究机构与研究力量。在21世纪的20余年发展历程中，西高所培养的中青年学者成为西高所兽类学研究的主力军，并利用新技术新方法，在主要研究领域做出了新的成绩。

在动物区系方面，利用分子生物学手段，开展了高原动物种群遗传多样性和谱系地理学研究，进行了三江源和祁连山等重要自然保护区野生动物资源调查，并利用红外相机监测，佐证了雪豹现有分布区延伸至祁连山东端，同时也填补了青海省海东市雪豹分布记录的空白。上述工作为生物多样性保护、国家公园规划和生态承载力评估等提供了科技支撑。特别是基于对藏羚生态学的大量研究，为可可西里成功申报为世界自然遗产做出了贡献。需指出的是，大型野生动物数量调查方法对研究其种群、分布及多样性有着重要的影响，在赵新全研究员的推动下，一些新的方法与手段，如无人机自动监测及高分辨率卫星图片方法的应用，为大规模准确调查大型野生动物种群数量提供了可能。

鼠类防控方面，在国内率先开展了高原鼠兔雄性不育控制以及利用肠道寄生物球虫控制高原鼠兔的生物防控技术等研究；开展了动物个性特征研究，发现活跃个体首先迁移到灭鼠后的“空白区域”，迁移可能是导致种群数量快速恢复的主要原因之一。

在动物种群生态学方面，从应激角度，系统研究了小哺乳动物种群调节机制，阐明了母体应激介导的非适应性繁殖抑制可引起迟滞性密度制约的观点，为母体应激效应在种群调节中发挥关键作用提供了第一个直接证据，并引起国际同行的关注，在 *Journal of Animal Ecology* 期刊发表了对此项工作的焦点评述文章；揭示了密度应激是小型哺乳动物密度制约性繁殖的近因；发现应激—免疫—寄生物之间存在恶性循环，改变了“捕食者通过淘汰老弱病残个体而进化猎物种群”的传统观点；并基于上述工作，提出了田鼠类动物种群调节机制的整合应激效应假说，该假说是我国学者在种群调节领域提出的第二个假说。

21世纪的兽类学发展迅猛，新的研究领域和新的研究手段不断涌现。兽类肠道菌群成为当今生物学领域的研究热点。西高所对此开展的大量工作表明，高原兽类的肠道菌群具有季节性动态特征，可促进宿主对食物资源的高效利用。在同域分布区，家牦牛和高原鼠兔肠道菌群的水平传播，可使两者对食物的利用存在彼此的相互易化效应。植物次生化合物可显著增加高原鼠兔肠道菌群多样性和网络结构复杂度。此外，动物进化与适应是兽类生物学的核心内容，也是当前西高所重点研究领域。对家牦牛的起源驯化历史及牦牛分类学地位进行了系统研究，同时就牦牛、高原鼠兔、高原麝鼠对青藏高原极端环境的进化适应开展了大量工作，以第一完成单位在 *Nature Communications* 发表论文，从基因、细胞及组织层面系统揭示了牦牛适应青藏高原极端环境的机制，*Science* 杂志对该研究成果同期做了报道，此外，出版专著《青藏高原代表性土著动物分子进化与适应研究》；系统研究了哺乳动物雄性生殖干细胞命运决定和动物种间杂交雄性不育的分子调控途径，揭示了RNA甲基化修饰调控精原干细胞微环境维持的新机制；解析了高原鼠兔和高原麝鼠等季节性繁殖动物精子发生状态、细胞命运转换及基因表达动态的变化规律。

国内外合作研究进一步提升，分别与英国阿伯丁大学生命科学院、以色列海法大学进化生物学研究所、新西兰奥克兰大学生物与统计系、中国科学院动物研究所和遗传发育研究所等对高原鼠兔越冬生理适应、高原鼠兔种群遗传多样性和维持机制等领域开展合作研究，发现高原鼠兔冬季取食牦牛粪便作为能量补充的独特越冬方式，为揭示牦牛放牧对鼠兔种群的促进作用提供了证据和新见解；发现高原鼠兔 *EPAS1* 基因发生变异，该基因纯合体携带者生物节律完全衰竭，而杂合体携带者可保持微弱的节律等。

回顾60年来西高所兽类学发展历程，由衷敬仰夏武平先生彪炳史册的历史成就。20世纪60—70年代，《动物学报》、《动物学杂志》等专业学术刊物停刊，为了加强学术交流，提高西高所的学术地位，在夏武平领导下，出版了《灭鼠和鼠类生物学研究报告》4集，其中1—2集由夏武平先生亲自审稿和编辑，3—4集由樊乃昌先生和朱盛侃

先生负责审稿编辑，夏武平先生审核和修改。共发表论文 56 篇，其中灭鼠方面的论文 33 篇，鼠类生物学及生态学方面的论文 23 篇。夏武平先生倡导刊印了《生物学译丛》3 集，并订购了美国科罗拉多州立大学有关生态系统全套文献及波兰科学院生态系统次级生产力及能流测定方面的专著，为 20 世纪 60—70 年代后期了解国际生态学研究进展并开展相关研究打开了一扇窗口。20 世纪 80 年代，夏武平创办了我国兽类学期刊《兽类学报》，由西高所和中国动物学会兽类学分会主办，夏武平任第一届主编。自创刊后至 20 世纪末的近 20 年时间，我国兽类学方面的重要研究以及原创性研究成果大多发表在《兽类学报》，真实地记录了我国当时兽类学的研究水平，所发表文章被《中国生物学文摘》、美国《生物学文摘》(BA)、英国《动物学记录》(ZR)、苏联《生物学文献》等收录。1984 年，美国 *Journal of Mammalogy* 刊登美国密西安大学对中国《兽类学报》的评述文章：一本新的杂志——中国《兽类学报》出现，认为该刊的创刊标志着中华人民共和国动物学研究的蓬勃发展。《兽类学报》的创刊，成为我国兽类学者与国外学者进行学术交流的主要窗口，对我国兽类学及兽类生态学的研究发挥了极大的促进作用和重要贡献，也极大提升了西高所在我国兽类学中的地位与作用。

60 年来，西高所始终注重人才培养，在兽类学领域培养了大批人才。20 世纪 70 年代后期及 80 年代初期，夏武平选派王祖望、杜继曾、樊乃昌、刘季科、魏善武等一批中青年人才，分别以访问学者或进修人员身份赴美国、英国、澳大利亚等国家开展合作研究、进修学习。回国后，成为西高所和我国兽类研究的学术带头人。1982 年西高所获得中国科学院第二批动物学硕士学位授予权单位，1990 年经国务院学位委员会批准，西高所获得第四批动物学博士学位授予权单位。西高所

先后培养出了以蒋志刚、赵新全、王德华等为杰出代表的第三代兽类学科技人才，他们中的很多人已成为当今学界的学术骨干、学术带头人或领军科学家。

回顾 60 年的发展历程，西高所的兽类学研究走过了储备期 (1962—1965)、发展期 (1966—1976)、高峰期 (1977—2000) 3 个阶段。21 世纪，生态文明建设为国之大计，青藏高原备受瞩目。面向国家需求，保护青藏高原生态环境，立足基础和应用基础研究，自始至终是西高所兽类学研究者的责任。国际兽类学的发展日新月异，新技术、新手段、新思想、新理论不断涌现，西高所兽类学未来的发展面临新的挑战，也面临新的机遇。展望未来，采用整合生物学思想，从基因—细胞—组织—个体—种群层面，系统性、整体性揭示兽类对极端环境的适应，是高原兽类生物学的核心研究内容和发展方向；强化并坚持小哺乳动物种群波动及大型动物种群数量的监测及基础性数据的收集，是高原兽类学、兽类生态学及保护生物学深入研究的基础；探讨基于生态系统组分间的营养级互作关系的鼠类管理对策并研发可持续性和环境友好型的新型防控技术，以解决青藏高原小型哺乳动物种群暴发及鼠害问题，依然是西高所兽类学研究的区域经济需求和西高所兽类学研究者的担当；从生态系统生态学角度，立足于三江源国家公园生态系统结构和功能，揭示不同营养级物种间的互作关系、生物多样性维持机制、大型植食性动物种群数量与家畜和草地承载力的关系和缓解人兽冲突等是未来的重要研究领域。

致谢：本文承蒙王祖望先生和樊乃昌先生惠阅，并补充了相关史料，提出了宝贵的修改意见，特此致谢！