

生物样本：生物多样性研究与保护的重要支撑

贺 鹏¹ 陈 军¹ 孔宏智² 蔡 磊³ 乔格侠^{1*}

1 中国科学院动物研究所 北京 100101

2 中国科学院植物研究所 北京 100093

3 中国科学院微生物研究所 北京 100101

摘要 生物标本是生物学研究领域的重要素材，是不可再生的战略生物资源。中国科学院生物标本馆是中国生物标本资源保藏、研究和科学教育的中心，在中国生物多样性研究与保护中具有不可替代的重要作用。生物标本能够提供物种、空间和时间3个维度的重要信息，有巨大潜力服务于生物多样性的研究与保护。通过对这些信息的挖掘、利用，可有效支撑生物多样性相关领域的研究，包括物种认知、生物多样性编目、濒危物种保护与管理、外来生物入侵防治、生物多样性监测，以及物种分布格局与生物多样性变化等。未来对标本资源的建设和管理需要致力于更加全面地收集和保藏，加强深层次信息的获取和数据整合平台的建设，才能更好地为我国生态文明建设和生物多样性保护贡献力量。

关键词 生物标本，生物多样性，生物标本馆

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.20210323001

生物标本是指保持生物实体或其遗体、遗物的原样，或经特殊加工处理后，用于长期保藏、学习、研究、展示等的动物、植物、微生物、古生物的完整个体或部分；广义的生物标本也包括与生命活动有关的其他实物或遗迹^[1]。生物标本是自然界各种生物的最真实、最直接的表现形式和实物记录，广泛应用于科

学研究、科普展示、生物学教育等方面，是生物学研究领域的重要物质素材^[2,3]，并在生物多样性保护、有害生物入侵、全球气候变化及进化生物学等生命科学及交叉学科前沿领域发挥着重要作用。

标本被收藏在自然历史博物馆或标本馆中，是生物多样性及其分布的记录，也是重要的研究和教育资

*通信作者

资助项目：“一带一路”国际科学组织联盟联合研究合作专项（ANSO-CR-KP-2020-04），中国科学院战略生物资源专项（KFJ-BRP-003）

修改稿收到日期：2021年3月28日

源^[3-5]。标本资源具有研究、服务和教育三大功能，是认识物种和自然的实物汇集和知识储备。从科学发展来看，标本是生物系统学乃至整个生物学研究的基本材料，是人类认识自然和改造自然的重要基础，是生物多样性最全面的代表，是重要的不可再生的战略生物资源。

1 我国生物标本资源现状

我国生物标本收藏与生物标本馆或博物馆（后文统称为生物标本馆）建设始于 19 世纪，起步于 20 世纪初，发展于新中国成立之后^[2]。据相关资料调查和统计分析，目前全国正常运转的生物标本馆有 250 余家，收藏总量为 4 000 万—4 500 万号/份，主要集中在各科研机构、高等院校和自然博物馆^[3]。其中藏量在 100 万号/份以上的高校有中国农业大学、西北农林科技大学、西南林业大学、河北大学、南开大学、华南农业大学和中山大学，这 7 所高校的总馆藏量达 1 240 万号/份。

中国科学院的生物标本馆是我国生物标本资源最重要、最集中的保藏场所^[2,7]。中国科学院生物标本馆目前由以 19 个研究所作为依托单位的 20 家标本馆联合组成，分布于全国 13 个省、自治区、直辖市；所收藏生物标本的采集地基本覆盖全国各地和几乎所有生境类型（包括海域），收集保藏的生物标本资源涵盖了动物、植物、菌物、化石等；拥有中国乃至亚洲最大的动物、植物和菌物标本馆及馆藏量，还拥有一系列中国最大、最有特色的专类标本馆。中国科学院生物标本馆是我国生物标本资源保藏、研究和科学教育的重要实体，具有中国最大、在国际上有重要影响力的生物标本资源保藏体系与数字化数据信息网络，也是生物标本资源整合与共享利用的平台，因此在国家战略生物资源的保护与可持续利用中具有不可替代的

重要作用^[2]。截至 2020 年底，中国科学院生物标本馆保藏各类生物标本共计 2 203.6 万号/份^①（图 1），资源总量占全国标本资源总量的一半以上。

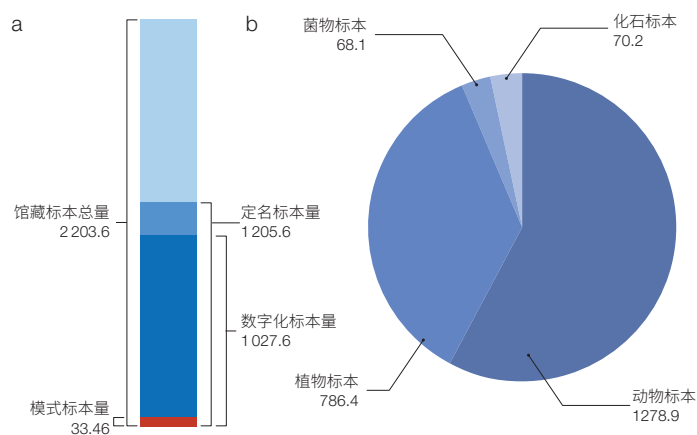


图 1 中国科学院生物标本资源收集保藏现状（单位：万号/份）
(a) 总体保藏现状；(b) 各类群保藏状况

Figure 1 Specimen resources preservation status of biological collections of Chinese Academy of Sciences ($\times 10\,000$)

(a) Overall preservation status; (b) Preservation status of various biological groups

2 标本对生物多样性研究与保护的支撑作用

标本作为生物学研究的基础材料和物种名称的实物载体、参考凭证，对生物学领域各学科的起源和发展起到了重要的推动作用，基于标本收藏的科学发现已改变了人类对自身、环境，以及人类在宇宙中所处位置的认知方式^[5,8]。长期以来，自然历史收藏品一直是研究地球生物多样性不可或缺的资源^[4,9]，生物标本能够提供世界范围内生物多样性、分类和历史分布的信息。这些标本信息与空间、环境等数据相结合可用于支撑广泛的研究主题，从生态学和进化论的视角，再到物种多样性、农业和人类健康方面的应用，为生物多样性保护、制定濒危物种保护政策、构建国家生态安全和生物安全体系提供了科学依据和详实凭证^[4,8-10]。

20 世纪中叶以来，计算机技术使得人们可以对

① 数据来自中国科学院生物标本馆（博物馆）工作委员会的统计。

标本及其相关信息进行大规模数字化处理，从而促进了生物多样性研究的快速发展^[8]。从信息化的角度来看，标本的信息化是传统生命科学领域的突破与创新，标本信息化数据成为生命科学、信息科学和计算机科学前沿和交叉融合的基础。这些数据是生物标本重要的衍生资源，是标本资源实现共享的重要基础，是现代生命科学发展的必然要求；同时，对于迅速跟踪全球气候和环境变化、实现生物物种多样性的鉴定和动态监测、服务政府和科研机构决策、服务公众教育均具有重要的现实意义。

2.1 标本的多维度信息

系统性的生物标本收藏场所常被比作图书馆，标本类似于图书馆中的参考书；而且，每一个标本都是独一无二的，其能在物种（生物、遗传、生态系统多样性）、空间（地点）和时间（日期）上提供多维信息^[5]。标本的价值不仅在于提供实物资源和外部形态特征，还在于其中蕴含的时空数据、历史印迹，及其自身的遗传资源，这也是标本对生物多样性保护发挥支撑作用的重要体现。将标本的物种、空间和时间这3个维度的信息依次呈现，并与生物多样性相关领域相对应，则可以看出其不同维度的信息可支撑不同领域的生物多样性研究（图2）。

（1）物种信息。标本不仅自然携带生物物种本身及在物种基础上衍生的其他生物多样性信息（包括各类物种形态结构、生物和化学组成、遗传信息等），还蕴藏着与标本相关的非生物信息，如鸟

类羽毛上的环境微量元素^[11]和环境污染物质^[12]。人类认识自然界及其特征和规律，首先要为自然界的组成成分命名。对生物的命名古已有之，至18世纪林奈^②提出生物分类系统并创立“双名命名法”后趋于成熟，人类才能够系统地、科学地为各种生物进行分类和命名。19世纪是人类开始大规模探索自然的时代，自然地理学、气象学、生态学、生物地理学和进化论等学科逐步建立，生物学的发展也使得物种概念不断完善和精确，这一过程也伴随着大量世界范围的大规模探险，以及标本资源收集、保存、积累和研究^[8]。没有考察和标本的采集、鉴定、研究，就不可能出现达尔文^③的进化论，以及华莱士^④的动物地理学。标本经过研究和定名，就可归纳出物种信息，这些标本携带的物种信息被应用于物种的认知与生物多样性编目，成为生命科学各领域研究的基础。

（2）物种信息+空间信息。采集或获取标本时，会记录采集地点、经纬度、海拔，甚至山脉、河流等能够体现空间分布位置的信息。空间信息能够反映物种的分布、迁移等规律，其再结合物种的个体数量、

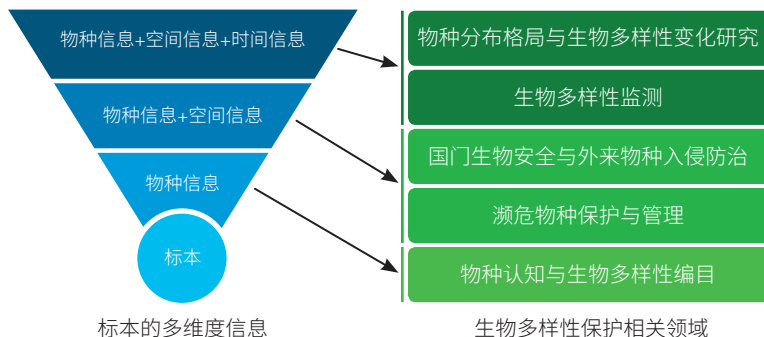


图2 标本的多维度信息及其与生物多样性保护相关领域研究的对应关系
Figure 2 Multi-dimensional information of specimens and its supporting correspondence with biodiversity conservation related fields

② 卡尔·冯·林奈 (Carl von Linné, 1707 年 5 月 23 日—1778 年 1 月 10 日)，瑞典生物学家，动、植物“双名命名法” (binomial nomenclature) 的创立者。他首先提出界、门、纲、目、属、种的物种分类法（当时还没有“科”这一分类阶元），至今被人们采用。

③ 查尔斯·罗伯特·达尔文 (Charles Robert Darwin, 1809 年 2 月 12 日—1882 年 4 月 19 日)，英国生物学家，进化论的奠基人。他于 1859 年发表《物种起源》一书，提出了生物进化论学说，从而推翻了神创论和物种不变论。

④ 阿尔弗雷德·拉塞尔·华莱士 (Alfred Russel Wallace, 1823 年 1 月 8 日—1913 年 11 月 7 日)，英国博物学家、探险家、地理学家、人类学家与生物学家，因独自创立“自然选择”理论而著名，对动物的地理分布的研究和修正使其成为动物地理学的奠基人。

历史分布记录等，可应用于濒危物种保护与管理及外来物种入侵防治等领域。

(3) 物种信息+空间信息+时间信息。标本还会携带采集日期、时间、季节等时间信息，再结合物种和空间信息，则可揭示生物多样性的分布格局与变化规律，进而用于生物多样性监测和保护策略的制定。此外，结合气候或地质变化、人类活动等因素，可研究和探讨物种地理分布格局和生物多样性变化的过程与机制。

2.2 标本信息对生物多样性保护相关领域的支撑作用

2.2.1 物种认知与生物多样性编目

(1) 支撑物种认知。从物种的角度看，标本是物种分类的最重要实物依据，是物种名称的载体或凭证，也是鉴定未知物种的重要参照。① 新物种描述、新记录种发现。据中国科学院生物标本馆（博物馆）工作委员会的统计，依托中国科学院的20家生物标本馆收藏，每年平均描述新物种150个以上。近年来基于馆藏标本，陆续发表了一批重要的新分类单元。例如：中国科学院成都生物研究所建立了树蛙科（Rhacophoridae）1新属——张树蛙属（*Zhangixalus*）^[13]；中国科学院植物研究所等单位利用馆藏标本材料获得的分子数据建立了美丽桐科（Wightiaceae）^[14]，这是中国学者发表的第6个被子植物科；中国科学院动物研究所基于分子数据和馆藏标本，建立了2个鸟类新科——丽星鹑鹑科（Elachuridae）^[15]和雀鹑科（Alcippeidae）^[16]，同时建立了1个鸟类新属——类凤鹑属（*Parayuhina*）^[16]，描述了1个鸟类新种——四川短翅莺（*Locustella chengi*）^[17]。② 物种分类地位的系统厘定。对物种分类的厘定也是物种认知中一项重要的持续性工作，不断积累的标本满足了研究人员大量查阅的需求，而

中国科学院标本馆每年为国内外学者提供标本检视达6000人次以上。例如，中国科学院成都生物研究所两栖爬行动物标本馆有中国最全面、数量最多的两栖类和爬行类动物标本收藏；基于标本收藏，科研人员系统地评估和修订了中国爬行纲动物的分类体系和物种，提供了中国爬行纲3目30科132属462种的最新分类厘定名录^[18]。

(2) 支撑生物多样性编目。生物志书的编纂是生物多样性编目最重要的工作。对生物资源的考察、研究和志书的编纂反映了一个国家生命科学的基础水平^[19]。① 国家级编目工作。基于馆藏标本开展的以“三志”（《中国动物志》《中国植物志》和《中国孢子植物志》）为代表的各类生物志书的编研，极大地提升了我国生物标本的鉴定率，这些充分说明标本有效支撑了对物种的发现、描述、厘定与编目。自20世纪50年代开始并延续更新至今的“三志”编研是一项摸清我国生物资源家底的重大系统工程，是我国生物多样性编目的重要标志性成果^[19,20]。“三志”以现代生命科学的研究方法对中国生物资源进行全面而系统的普查，极大地提高了我国生物资源的认知水平，促进了生物分类学及其他生物学科快速发展。中国科学院是“三志”编研组织者和主要完成者之一。以获得国家自然科学奖特等奖的《中国植物志》为例，其编研工作历经60余年，共计出版80卷126册5000多万字，记录中国植物物种301科3408属31142种，而其中65卷110册由中国科学院的专家参与完成^[21]，且支撑《中国植物志》编研的标本80%都保存在中国科学院各植物标本馆。《中国动物志》迄今出版163卷11315.9万字，记载我国动物1043科7844属39567种^⑤，《中国孢子植物志》出版110卷4629万字，记载我国孢子植物394科2259属19414种^⑥。“三志”编研过程中，

⑤ 数据来自《中国动物志》编撰办公室最新统计。

⑥ 数据来自《中国孢子植物志》编撰办公室最新统计。

所采集的绝大部分标本均保存在中国科学院生物标本馆中，同时各标本馆也为志书的编研提供了大量的标本与信息查阅等服务。② **省级编目工作**。我国大部分的省份也完成了省级的物种名录或生物志书的编纂^[20]。中国科学院生物标本馆在各省份的编撰工作中也起到了重要的支撑作用。例如，中国科学院华南植物园依托标本馆提供大量标本开展《广东植物志》编研，为全面展现广东省植物多样性奠定了重要基础。

③ **国外编目工作**。随着“一带一路”倡议的推进，近年来我国加强了与“一带一路”沿线国家的合作研究，开展了多项联合资源考察^[2]，所采集的标本支撑了一系列生物多样性方面的研究并取得重要成果，如最典型代表的《泛喜马拉雅植物志》^[22]，以及即将完成编研并出版的《肯尼亚植物志》^[23]等。

2.2.2 濒危物种保护与管理

生物多样性保护与利用越来越受到世界各国的重视，社会公众也认识到野生动植物保护的意义的生态与应用价值。而标本和其他调查研究显示，部分物种已表现出明显的种群数量降低和分布范围缩小，面临着生存危机。标本所提供的历史记录成为编制濒危物种红色名录和确定濒危物种分类等级的重要依据。

(1) **编制濒危物种红色名录**。有些珍稀濒危物种野外很难见到，只有在标本馆才能看到其“尊容”，如：中国科学院水生生物研究所水生生物博物馆收藏的白鲟（*Psephurus gladius*）和白鱉豚（*Lipotes vexillifer*）标本、中国科学院成都生物研究所两栖爬行动物标本馆收藏的滇池蛛螈（*Cynops wolterstorffi*）标本等。基于中国科学院和有关高等院校标本馆馆藏标本的历史分布信息及文献记录，研究人员对中国脊椎动物濒危状况进行了全面评估，编制了《中国脊

椎动物红色名录》^[24]。此外，标本保藏机构也越来越多地直接参与到濒危物种的评估工作中。例如，中国科学院微生物研究所菌物标本馆牵头编写的《中国生物多样性红色名录—大型真菌卷》^⑦，是我国第一部官方真菌红色名录，也是我国首次采用国际自然保护联盟（IUCN）标准全面评估大型真菌的受威胁状况；中国科学院成都生物研究所两栖爬行动物标本馆参加了《中国爬行动物红色名录》的评估，对我国两栖爬行类生物多样性和受威胁状况进行研究，这是迄今为止研究对象最广、信息最全、参与专家人数最多的一次评估，对中国两栖爬行动物研究和资源保护与利用，具有重要意义^[25]。

(2) **确定濒危物种分类等级**。自2019年始，全国昆虫红色物种评估工作团队组织了90多家高等院校和科研院所的200多位昆虫分类学者参与名录信息的调查或评估审核。基于全国各有关单位的馆藏昆虫标本，采集物种信息200多万条，按照国际自然保护联盟制定的红色物种评估标准，对全国范围的野生昆虫物种的生存状况、资源数量、分布和受威胁变化状况进行专项评估，共涉及六足亚门4纲31目401科14549种^⑧。通过评估，初步掌握了我国野生昆虫物种资源的数量、分布和受威胁变化状况，为国家制定野生生物多样性保护行动和保护名录、开展全国性昆虫物种多样性本底调查和昆虫资源合理利用等提供了科学依据；同时，也为开展相关科学研究和科学普及教育提供了基础性指导，更为推进我国承诺的国际《生物多样性公约》和《中国生物多样性保护战略与行动计划（2011—2030年）》^⑨作出了贡献。

2.2.3 国门生物安全与外来物种入侵防治

生物安全是国家安全的重要组成部分，而国门生物安全是一个国家生物安全的第一道安全防线和屏

⑦ <http://www.mee.gov.cn/gkml/sthjbgw/sthjbgg/201805/W020180524494623078963.pdf>.

⑧ 数据由全国昆虫红色物种评估工作团队提供。

⑨ http://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bwj/201009/t20100921_194841.htm.

障。加强国门口岸查验、实施早期预警、构筑口岸检疫防线是防范外来物种入侵和动植物疫情传播的重要保障，而口岸截获物的快速有效鉴定是口岸准确执法的关键，对于截获物的鉴定则离不开生物标本的支撑。物种的鉴定需要已有定名标本作为参照物进行比对；而对于动、植物制品的鉴定与判别不仅需要标本的比对，也需要基于定名物种获取的DNA信息（如DNA条形码信息）作为重要的支撑数据。对于外来入侵物种而言，其标本早已被用于入侵物种的鉴定、分布区的确定、种群来源和传播速度的判断，以及生态影响评估等^[4]，而入侵物种及其近缘种的标本也是快速鉴定与有效防范生物入侵的关键材料^[26]。

依托生物标本馆和馆藏标本资源，“十三五”期间中国科学院在国门生物安全方面部署了多个重要项目，建立了国门生物安全动植物标本分馆，包括实体库和信息库；构建了中国入侵生物信息库、外来入侵植物DNA条形码数据库、进境植物检疫性真菌数据库及综合鉴定系统等一系列数据平台。基于标本和物种分布信息，解析了“一带一路”沿线入侵脊椎动物的引种风险；基于生态位模型预测了这些入侵种建立种群的适宜栖息地^[27]；基于物种已有分布和环境气候因子，对新截获的重要有害生物进行风险分析和评估，为我国环境保护部（现“生态环境部”）发布第三、四批《中国外来入侵物种名单》提供了本底数据支持。中国科学院还与海关合作监测口岸外来入侵生物，截获并鉴定出一批国外已入侵并大规模扩散的恶性入侵植物，在进境植物上10余次检出疫情。这些成果从一个侧面说明标本及其携带的生物学信息，对国门生物安全监测和防范外来物种入侵具有非常重要的支撑作用。构建我国生物安全的“天网”，需要优先布局针对性的标本收集、保藏，建设基于标本的快速检测技术与鉴定平台，也包括人才储备。

2.2.4 生物多样性监测

生物资源调查、收集和保护是生物学研究和生物

资源利用的基础，关系到国家的自然资源安全、社会发展和生物学相关的研究，具有重要的战略意义。在《中国生物多样性保护战略与行动计划（2011—2030年）》中列出了10个生物多样性保护优先领域与行动，“开展生物多样性调查、评估与监测”是其中之一。而生物多样性调查、评估、收集和保护等工作都离不开经典分类和标本的支撑。

目前，我国已建立了一些国家级的生物多样性监测网络，以收集生物多样性数据^[20]，而标本则是其中重要的数据来源，并且能够提供稀缺的、独一无二的历史记录^[4,6]。例如，从20世纪50年代开始，中国科学院水生生物研究所进行全国水生生物基础调查，开创了我国鱼类学、藻类学、原生动物学等基本学科，并将采集到的标本保存在水生生物博物馆。近年来研究人员利用这些标本，首次对长江流域鱼类进行了全面的多样性评估，并建立了长江鱼类DNA条形码参考数据库^[28]。这些工作及对长江鱼类长期不间断的监测，推动了长江流域生物多样性的保护，使长江“十年禁渔”成为现实。

2.2.5 物种分布格局与生物多样性变化研究

（1）**支撑物种分布格局研究。**一个物种的分布反映了该种生存的范围和栖息环境，区系则是一个区域生物类群物种组成与时空分布的综合反映。标本能提供可靠、直接的物种分布信息。将物种分布信息数字化，可基于分布信息大数据开展生物地理和物种区系研究。我国在区系调查与分析、分布区类型划分、生物地理等方面有了丰富的积累^[29,30]。近年来，随着生物地理学新方法、新理论的出现和运用，以及大数据分析相关模型的建立，区系/多样性格局研究开始深入到了定量解释区系/格局现象和探索其形成机制的新发展阶段^[29]。例如：①**植物多样性研究领域。**科学家基于馆藏标本获取了中国92%被子植物属的进化时间树和140余万条详尽的空间分布数据，揭示了中国被子植物多样性分布格局的进化历史，以及中国被子植

物进化的“博物馆”和“摇篮”，并通过识别中国被子植物系统发育多样性热点地区，提出了优先保护策略^[31]。② **昆虫多样性研究领域**。基于大量标本的物种分布信息，以重要农林昆虫类群——半翅目为对象，构建了中国半翅目昆虫地理分布数据集，并在此基础上开展了全面的多样性格局分析，检验了不同类型的环境因子对不同地区半翅目昆虫多样性的影响是否存在差异，提出了山区是否是半翅目昆虫多样性时空格局演化过程中的“博物馆”“摇篮”等科学假说^[32]。

③ **爬行动物研究领域**。充分利用标本馆历史收藏与近10年密集考察的标本积累获取大量形态信息，结合分子数据探讨了西藏两栖爬行动物的适应与进化；同时，根据标本提供的分布信息，系统分析了西藏两栖爬行动物地理区系，为西藏两栖爬行动物的多样性格局与演化研究提供了有力支撑^[33]。

(2) **基于标本信息深度挖掘进行生物多样性变化的研究**。标本的独特性还在于其能够提供从数百万年前到现在的巨大时间跨度的科学数据，从而支撑有关物种减少和生物多样性丧失的研究^[4]。基于不同历史阶段的标本信息阐释物种对环境变化的适应，基于馆藏标本通过分子水平的研究来探讨物种濒危的机制，是对标本深层次价值的挖掘。促进有关全球变化的研究就是标本这一价值的集中体现。全球变化已经成为现代生物研究的焦点，但由于缺乏横跨“人类世”的生物数据，人们对人类因素如何影响生物多样性和自然资源的了解受到限制。在生物标本馆中保存的大量植物、动物和真菌标本则可突破这一限制，为全球变化生物学研究提供非常宝贵的实物凭证和信息^[34]。国外在该领域已有相当多的研究，国内近年也有成功尝试。例如，中国科学院植物研究所利用馆藏香蒲属腊叶标本，基于不同时间的叶表面气孔形态特征与其对应时代的环境二氧化碳信息，建立植物气孔指数与大气二氧化碳浓度回归方程，重建了第三纪、第四纪之交的大气二氧化碳浓度。该研究还整合前人数据构

建出首条500万年以来陆地生态系统中全球大气二氧化碳浓度变化曲线，进而探讨了二氧化碳对全球气候变化的影响，从而有助于政府和社会各界共同理解、思考、制定对策以应对当前和未来的气候变暖，兼具理论和现实双重意义^[35]。

3 标本资源服务于未来的生物多样性保护

近年来，有关生态和环境问题（如生物多样性变化）的研究有所增加，从生态或环境角度利用标本馆中的生物收藏的研究也急剧上升，标本在生态环境研究方面的促进作用已显示出巨大的潜力^[36]。然而标本的深层次价值还远远没有发挥出来。我们应该认识到标本资源的重要性，并相信未来会更多地服务于生物多样性的研究和保护。

3.1 挑战与趋势

环境是21世纪人类关注的中心问题之一^[37]。如何掌握地球生物多样性的知识并利用这些知识来塑造所有生命赖以生存的全球环境系统，将是人类面临的重大挑战^[6]。以目前的物种灭绝速率来看，应对这一挑战的时间是有限的，还有许多生物多样性资源有待于我们去发现，有许多生物多样性研究有待完成^[37]。在21世纪已过去的这些年里，基于标本收藏的研究和方法使生命科学取得了突破性进展。例如，对大量标本数据和图像的数字化和开放获取，将标本、气候数据与全球范围的生物系统发育研究成果联系起来，以及大量基因组数据的产生使我们能够去探索进化和多样性格局形成等重大理论问题^[8]。中国的生物多样性科学研究在近几十年间发展迅速，在编目与监测、机制与过程、威胁与对策研究方面均取得了重大进展；而未来的工作也将在生物多样性理论转化为生物多样性保护实践，加强能力建设和先进技术的应用，以及加强和扩大国际间合作这3个方向深入开展^[20]。

面对这些挑战和趋势，标本馆作为生物多样性的

有大量的工作需要完善。如何跟上生物多样性保护与研究的步伐,更好地服务于研究和保护,是标本馆相关从业人员及研究者需要思考的问题;同时,在标本资源的收集、鉴定、分类、保藏、管理、信息挖掘等基础领域的人才储备也尤为重要。

3.2 行动与展望

纵观标本馆和生物多样性科学的发展历程,人们对标本利用的历史就是对其信息提取和分析的历史。人类从18世纪开始为生物进行分类和命名,19世纪开展大规模探险并大量积累标本藏量,20世纪将标本记录数字化并开拓了生物多样性领域,21世纪开始进行深入的数据整合和统计分析^[8],这一历程就是人类对物种和标本信息的认知、挖掘和利用不断深入的过程。随着各种新的理念和技术的出现,人类从标本中获取信息的能力也不断增强。如果从不同的信息层次或范围解决不同生物多样性研究与保护问题的角度来考虑,那么在不断积累实物资源的前提下,可从信息入手去解决现有的问题和应对未来的挑战。

(1) 致力于更加系统全面的标本及其相关信息的收集。标本馆如果要在未来有所发展,需要不断扩大自身对标本的收集、保藏和科学化、数字化管理,尽量涵盖自然界大部分还在等待被发现、记录、描述和理解的生物多样性。同时,通过建立信息平台以获取关于地球已知生物多样性的海量信息,并将这些信息转化为科学和社会知识^[6];通过相关技术来提高数据的质量、减少错误或偏差。例如,使用DNA条形码技术对可疑的已鉴定标本进行确证^[20]。

(2) 基于新的技术和方法,加强深层次信息的获取。虽然传统的生物标本收藏主要用于生物多样性研究,但其在分类、系统学和进化生物学研究中的应用仅占其价值的一部分^[5]。标本馆要在不断积累和完善标本基础信息的前提下,紧跟生物多样性相关学科的发展态势,挖掘标本深层次信息,并探索信息利用的新方向,以发挥标本收藏的更多价值,服务于科学和

社会的发展。例如,通过获取植物标本叶表面气孔形态^[34]和鸟类标本羽毛污染物^[12]来揭示气候变化规律。

(3) 进一步加强数据整合与共享平台的建设。标本馆应对生物多样性挑战的首要任务,是将其标本收藏通过信息整合平台的建设而从实体库中解放出来。只有通过信息技术汇集和数据整合,标本才能用于解决复杂的生物多样性问题,标本馆也才能成为全球生物多样性解决方案的基石^[6]。各种信息平台的建设,有利于突破样本量少的限制;线上开放获取,有利于降低数据获取成本。近年来我国也投入资金支持建立了多个生物多样性数据平台,在这一方面做出了不懈努力。未来我国将继续加强平台的能力建设,扩大国际间的合作与共享,这也是我国生物多样性研究的发展策略^[20]。

在过去的生物多样性研究与保护工作中,中国科学院生物标本馆作为我国最大的生物标本馆体系,发挥了巨大的支撑作用。目前,联合国内主要的标本馆,中国科学院生物标本馆已牵头建立了“国家动物标本资源库”和“国家植物标本资源库”^[2]。未来将在加强2个国家资源库建设的基础上,在收集、保存和共享利用方面引领我国标本收藏领域的发展,为我国生态文明建设和生物多样性研究与保护贡献力量。

参考文献

- 1 伍玉明. 生物标本的采集、制作、保存与管理. 北京: 科学出版社出版, 2010.
- 2 贺鹏, 陈军, 乔格侠. 中国科学院生物标本馆(博物馆)的现状与未来. 中国科学院院刊, 2019, 34(12): 25-36.
- 3 国家文物局第一次全国可移动文物普查工作办公室. 第一次全国可移动文物普查专项调查报告. 北京: 文物出版社, 2016: 33-66.
- 4 Suarez A V, Tsutsui N D. The value of museum collections for research and society. Bioscience, 2004, 54(1): 66-74.
- 5 Winker K. Natural history museums in a postbiodiversity era.

- Bioscience, 2004, 54(5): 455-459.
- 6 Krishtalka L, Humphrey P S. Can natural history museums capture the future?. Bioscience, 2000, 50(7): 611-617.
 - 7 张莉莉, 陈军, 乔格侠. 我国生物标本馆现状与展望. 世界环境, 2016, (增刊): 88-90.
 - 8 Funk V A . Collections-based science in the 21st Century. Journal of Systematics and Evolution, 2018, 56(3):175-193.
 - 9 Ponder W F, Carter G A, Flemons P, et al. Evaluation of museum collection data for use in biodiversity assessment. Conservation Biology, 2001, 15: 648-657.
 - 10 Graham C H, Ferrier S, Huettman F, et al. New developments in museum-based informatics and applications in biodiversity analysis. Trends in Ecology & Evolution, 2004, 19: 497-503.
 - 11 Parolini M, Sturini M, Maraschi F, et al. Trace elements fingerprint of feathers differs between breeding and non-breeding areas in an Afro-Palearctic migratory bird, the barn swallow (*Hirundo rustica*). Environmental Science and Pollution Research, 2021, 28: 15828-15837.
 - 12 Dubay S G, Fuldner C C. Bird specimens track 135 years of atmospheric black carbon and environmental policy. PNAS, 2017, 114(43): 11321-11326.
 - 13 Jiang D C, Jiang K, Ren J L, et al. Resurrection of the genus *Leptomantis*, with description of a new genus to the family Rhacophoridae (Amphibia: Anura). Asian Herpetological Research, 2019, 10(1): 1-12.
 - 14 Liu B, Tan Y H, Liu S, et al. Phylogenetic relationships of *Cyrtandromoea* and *Wightia* revisited: A new tribe in Phrymaceae and a new family in Lamiales. Journal of Systematics and Evolution, 2020, 58(1): 1-17.
 - 15 Alström P, Hooper D M, Liu Y, et al. Discovery of a relict lineage and monotypic family of passerine birds. Biology Letters, 2014, 10(3): 20131067.
 - 16 Cai T L, Cibois A, Alström P, et al. Near-complete phylogeny and taxonomic revision of the world's babblers (Aves: Passeriformes). Molecular Phylogenetics and Evolution, 2019, 130: 346-356.
 - 17 Alström P, Xia C W, Rasmussen P C, et al. Integrative taxonomy of the Russet Bush Warbler *Locustella mandelli* complex reveals a new species from central China. Avian Research, 2015, 6: 9.
 - 18 蔡波, 王跃招, 陈跃英, 等. 中国爬行纲动物分类厘定. 生物多样性, 2015, 23(3): 365-382.
 - 19 夏振岱. 中国生物物种大全——“三志”. 中国科学院院刊, 2001, 16(2): 122-125.
 - 20 Mi X C, Feng G, Hu Y B, et al. The global significance of biodiversity science in China: An overview. National Science Review, 2021, doi: 10.1093/nsr/nwab032.
 - 21 胡宗刚, 夏振岱. 中国植物志编纂史. 上海: 上海交通大学出版社, 2016.
 - 22 萨仁, 洪德元. 《泛喜马拉雅植物志》编研项目简介. 生物学通报, 2014, 49(1): 1-3.
 - 23 Zhou Y D, Liu B, Mbuni Y, et al. Vascular flora of Kenya, based on the Flora of Tropical East Africa. PhytoKeys, 2017, 90: 113-126.
 - 24 蒋志刚, 江建平, 王跃招, 等. 中国脊椎动物红色名录. 生物多样性, 2016, 24(5): 500-551.
 - 25 蔡波, 李家堂, 陈跃英, 等. 通过红色名录评估探讨中国爬行动物受威胁现状及原因. 生物多样性, 2016, 24(5): 578-587.
 - 26 张润志, 姜春燕, 徐婧. 防范生物入侵: 以昆虫为例. 中国科学院院刊, 2016, 31(4): 400-404.
 - 27 Liu X, Blackburn T M, Song T, et al. Risks of biological invasion on the Belt and Road. Current Biology, 2019, 29: 499-505.
 - 28 Shen Y J, Hubert N, Huang Y, et al. DNA barcoding the ichthyofauna of the Yangtze River: Insights from the molecular inventory of a mega-diverse temperate fauna. Molecular Ecology Resources, 2018, 19(5): 1278-1291.

- 29 孙航, 邓涛, 陈永生, 等. 植物区系地理研究现状及发展趋势. 生物多样性, 2017, 25(2): 111-122.
- 30 张荣祖. 中国动物地理. 北京: 科学出版社, 2011.
- 31 Lu L M, Mao L F, Yang T, et al. Evolutionary history of the angiosperm flora of China. *Nature*, 2018, 554: 234-238.
- 32 Li J J, Li Q, Wu Y X, et al. Mountains act as museums and cradles for hemipteran insects in China: Evidence from patterns of richness and phylogenetic structure. *Global Ecology and Biogeography*, 2021, doi: 10.1111/geb.13276.
- 33 车静, 蒋珂, 颜芳, 等. 西藏两栖爬行动物——多样性与进化. 北京: 科学出版社, 2020.
- 34 Meineke E K, Davies T J, Daru B H, et al. Biological collections for understanding biodiversity in the Anthropocene. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 2019, 374(1763): 1-9.
- 35 白云俊, 魏雪苹, 秦锋, 等. 华北上新世-更新世过渡期植被、气候与大气 CO₂ 研究进展. *植物学报*, 2016, 51(2): 257-264.
- 36 Pyke G H, Ehrlich P R. Biological collections and ecological/environmental research: A review, some observations and a look to the future. *Biological Reviews*, 2010, 85(2): 247-266.
- 37 Raven P H, Wilson E O. A fifty-year plan for biodiversity surveys. *Science*, 1992, 258: 1099-1100.

Important Supporting Role of Biological Specimen in Biodiversity Conservation and Research

HE Peng¹ CHEN Jun¹ KONG Hongzhi² CAI Lei³ QIAO Gexia^{1*}

(1 Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

2 Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China;

3 Institute of Microbiology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract Biological specimens are important materials in the field of biological research and non-renewable strategic biological resources. The specimen collection of the Chinese Academy of Sciences (CAS) is the center of conservation, research, and scientific education. It plays an irreplaceable role in the research and protection of biodiversity in China. Biological specimens can provide important information in three dimensions: species, space, and time. The use of different levels of such information supports the research areas of species cognition, biodiversity cataloging, protection and management of endangered species, prevention and control of alien invasion, biodiversity monitoring, and species distribution pattern and biodiversity change. Biological specimens have great potential for biodiversity research and conservation. In the future, the construction and management of specimen resources need to be committed to more comprehensive collection, strengthen the acquisition of in-depth information and the construction of data integration platform, so as to better contribute to the construction of ecological civilization and biodiversity conservation in China.

Keywords biological specimens, biodiversity, biological collection

*Corresponding author



贺 鹏 中国科学院动物研究所高级工程师，国家动物标本资源库鸟类标本分馆管理员。主要从事动物标本收集、保藏和管理等相关工作。E-mail: hepeng@ioz.ac.cn

HE Peng Senior Engineer of Institute of Zoology (IOZ), Chinese Academy of Sciences (CAS), Manager of Bird Collection of the National Animal Collection Resource Center, IOZ, CAS. He is mainly engaged in the collection, preservation, and management of animal specimens and other related work. E-mail: hepeng@ioz.ac.cn



乔格侠 中国科学院动物研究所副所长、研究员，国家动物标本资源库主任，中国科学院生物标本馆（博物馆）工作委员会主任。长期从事蚜虫分类与进化研究，致力于动物标本收集、保藏和标本馆运行与管理，负责中国科学院生物标本馆体系的管理与建设。E-mail: qiaogx@ioz.ac.cn

QIAO Gexia Professor, and Deputy Director of the Institute of Zoology (IOZ), Chinese Academy of Sciences (CAS), Director of the National Animal Collection Resource Center, IOZ, CAS, and Director of the Working Committee of the Biological Collections, CAS. She has been engaged in the research of aphid taxonomy and evolution for a long time, and devoted herself to the collection and preservation of animal specimens and the operation and management of specimen collection. She is also responsible for the management and construction of the biological collection system of CAS. E-mail: qiaogx@ioz.ac.cn

■ 责任编辑：文彦杰