野生鸟类研究材料（数字化记录、组织样本）的收集保存和标本制作的方法

Collection and Preservation of Research Materials (Digital recording, Tissue samples) and Methods of Taxidermy Related to Wild Birds

董哲含¹, 贺鹏², 宋刚³, 张尚明玉¹, 何兴成¹, 吴永杰^{1*}

¹四川大学生命科学学院, 生物资源与生态环境教育部重点实验室, 成都; ²中国科学院动物研究所, 国家动物标本资源库, 北京; ³中国科学院动物研究所, 动物进化与系统学院重点实验室, 北京

通讯作者邮箱: wuyongjie@scu.edu.cn

引用格式: 董哲含, 贺鹏, 宋刚, 张尚明玉, 何兴成, 吴永杰. (2021). 野生鸟类研究材料（数字化记录、组织样本）的收集保存和标本制作的方法. *Bio-101* e1010643. Doi: 10.21769/BioProtoc.1010643.

How to cite: Dong, Z.H., He, P., Song, G., Zhang, S.M.Y., He, X.C. and Wu, Y.J. (2021). Collection and Preservation of Research Materials (Digital recording, Tissue samples) and Methods of Taxidermy Related to Wild Birds. *Bio-101* e1010643. Doi: 10.21769/BioProtoc.10.210643. (in Chinese)

摘要: 野生鸟类的形态学数据和研究材料是研究现代动物系统学和进化生物学的重要材料支撑。尽管学术交流和样品共享是获得样品的有效渠道，野外采集仍然是目前获取野生鸟类研究材料的主要途径。随着生物多样性保护事业的发展，如何在不影响鸟类生存繁殖的前提下获取野生鸟类相关研究材料是本文探讨的主要问题。野生鸟类相关研究的主要研究材料分为标本、组织和数字化记录三大类。标本所含的物种信息、形态最丰富，组织可以用在分子生物学方面的研究，数字化记录可记录图像、声学多种信息。本文将对以上三种鸟类野外样品的获取和标本的采集制作做简要的总结和梳理。

关键词: 野生鸟类，组织材料，标本

研究背景: 鸟类是与人类关系及其密切的脊椎动物类群，它们出现在文人墨客的笔下“两个黄鹂鸣翠柳，一行白鹭上青天”，它们也出现在花鸟虫鱼的书画中，它们在天空中自由翱翔给人类带来飞翔天空中的梦想和灵感。大多数鸟类在消灭农林害虫和鼠害方面有特殊贡献，是维持自然平衡的积极因素。因而保护鸟类和研究鸟类成为世界上最为广泛、深入的专业性和群众性活动。这就多方面促进着鸟类科学的发展，使鸟类学成为生物学

很多方面的先导学科，很多研究成果都推动着生物学理论的发展，在有关种的概念，性选择与进化，进化形态学，迁徙与定向等领域都是在鸟类学研究中获得新的发现然后在别的动物类群中得到验证(郑光美，2012)。现在世界上绝大多数鸟类种类被确认，种和亚种的分布图被精确绘制出，这就有可能从亚种进化水平以及细胞遗传、生物化学水平去探索系统分类和种进化的理论问题。现代动物系统学和进化生物学的研究涉及的类群越来越多。尽管多种分子生物学和基因组学的新方法和技术广泛运用，但没有大量的分布在不同地区的野生动物形态学数据和研究材料的支撑，我们无法在动物系统学和进化生物学的研究中取得巨大的进展。野生鸟类研究材料包括鸟类的影像资料，声音文件，这部分内容属于数字化记录的材料，可以运用在鸟类多样性、声景生态学方面的研究中；野生鸟类的研究材料也包括鸟类体重、体长、喙长等一系列形态学指标，这些指标可以用在鸟类身体状况的估计，从而应用在进化生物学、行为学、保护生物学、仿生学等研究上面(Blums *et al.*, 2005; Dufour *et al.*, 1991; Costantini *et al.*, 2007; 陈坤, 2018); 野生鸟类的研究材料还包括鸟类的组织采样和标本的制作，组织样品包括鸟类羽毛、血液、肌肉、内脏等，这些材料由于包含有大量的遗传信息，在研究鸟类的种下支系分化和遗传格局研究谱系地理、生理生化、基因组以及不同发育阶段转录组信息(Nadeau *et al.*, 2007; Beheregaray, 2008; Riddle, 2009; Ran *et al.*, 2016; 周彤, 2019)有重要作用；除了以上提到的内容，对鸟类粪便的收集、体表寄生虫的获取、肛拭子和咽拭子采样、鸟窝、鸟卵等同样是属于野生鸟类研究材料。野生动物研究材料的获取，在很大程度上依然对动物学多个相关领域的发展有着巨大贡献。尽管学术交流和样品共享是获得样品的有效渠道，但野外采集仍然是目前我们获取动物样品和标本的主要手段。因此，作为鸟类系统学和进化生物学研究的基础，我们对鸟类野外样品的获取和标本的采集制作做简要的总结和梳理。

图 1. 野生鸟类相关研究材料获取的流程图

一、野生鸟类相关研究材料

根据获取、保存和使用方式等的差异，可以将野生鸟类相关研究的主要研究材料分为标本、组织和数字化记录三大类。每一类的详细情况列表如下。

表 1.野生鸟类相关研究材料的获取、保存及使用方式

	细分类别	获取方式	保存方式	使用方式	可使用次数
标本	皮张	捕获后制作	干制，于标本馆长期保存	查看、测量，可（有限次）取组织（趾垫、羽毛等）	多次
	骨骼	捕获后制作，或与皮张标本同时	干制，于标本馆长期保存	查看、测量	多次

	器官	捕获后制作， 或与皮张标本同时	浸泡于酒精等液体中，置于标本馆长期保存；或者在液氮中冷冻后，于-80℃冷冻保存	查看、测量，可（有限次）取组织	多次
	羽毛	捕获后采集， 或采集脱落羽毛	干制，置于标本馆长期保存	查看、测量	多次
	鸟巢、鸟卵	采集后制作	干制，置于标本馆长期保存	查看、测量	多次
组织	肌肉	捕获后采集	浸泡于酒精等液体中，置于标本馆长期保存；或者在液氮中冷冻后，于-80℃冷冻保存	对物质、组成、结构进行分析，消耗性	有限次
	器官（如肝脏、脑）	捕获后采集	浸泡于酒精等液体中，置于标本馆长期保存；或者在液氮中冷冻后，于-80℃冷冻保存	对物质、组成、结构进行分析，消耗性	有限次
	血液	捕获后采集， 活体可放生	浸泡于酒精等液体中，置于标本馆长期保存；或者在液氮中冷冻后，于-80℃冷冻保存	对物质、组成、结构进行分析，消耗性	有限次
	羽毛（如带血的羽毛根部）	捕获后采集， 活体可放生	密封保存，或浸泡于酒精等液体中，冷冻保存	对物质、组成、结构进行分析，消耗性	有限次
数字化记	图片	非接触，野外拍摄，或获取标本后拍摄	数字存储	复制后直接使用	无限次
	录像	非接触，野外	数字存储	复制后直接使用	无

录		拍摄			限次
	录音	非接触, 野外 录制	数字存储	复制后直接使用	无限次

这三类材料中, 标本携带着物种、形态等方面的信息, 并能提供少量的组织材料用于遗传分析, 是所有材料中含有信息最为丰富的。另一方面, 大量的不同年份的标本积累使其可以用于大尺度的时空分析, 特别是在以往未曾注重组织材料收集的情况下, 这些“历史标本”将会发挥越来越大的价值。

组织材料在近年来的研究中应用越来越广泛。例如可以用来研究鸟类的种下支系分化和遗传格局研究、谱系地理、生理生化、基因组以及不同发育阶段转录组信息。

随着生物多样性保护事业的发展, 也给野生生物研究材料的获取提出了新的挑战, 对于鸟类尤其如此。新颁布的《国家重点保护野生动物名录》中, 大量增加了雀形目鸟类。这是保护鸟类的有效措施, 但也给鸟类工作者、特别是依赖于标本和组织材料的研究者出了一个新的挑战: 如何在不影响鸟类生存的前提下尽可能多地获取研究所需要的材料 and 信息? 这个困难当然不是受限于技术, 而解决之道却在于对新技术新方法的运用。将已有标本信息的数字化, 以及野外鸟类的图片、录像、录音等的数字化记录就是这一类的信息获取方式。未来随着技术的发展, 从历史标本和野外获取数字化的研究材料将会变得越来越普遍。现在也已经有学者通过采集柳莺的脚趾或羽毛样品, 第一时间进行基因组 DNA 提取和鉴定, 通过分析线粒体基因组结构和特征, 得出几种柳莺的遗传发育关系密切程度(成贺, 2020)还有学者通过粪便 DNA 技术对鸟类进行物种鉴定, 了解鸟类在繁殖地和越冬地的种类分布、研究其迁徙路线等具有重要意义。在新的挑战下, 也可以通过野外收集的信息开展工作(秦啼, 2020)。

二、野生鸟类相关研究材料的采集

首先要明确采集的目的, 然后所有的人员、时间安排、材料的准备等工作都围绕采集目的展开。

1. 野外采集准备

鸟类个体的野外观察、标本和样品的采集工作是开展鸟类学研究的最根本前提，是获取研究对象和研究材料的基本途径。充分而全面的野外采集准备工作是野外采集成功的关键。面对不同的鸟类采集任务，需要针对性的采集工具和方法。

1.1 资料准备

确定采集对象和数量：根据研究目的和项目需求，科学确定采集对象。科学研究的目的之一就是更好的保护野生动物，因此需要科学制定采集的数量。在不影响野生种群正常繁殖的情况下，尽量采用非损伤性取样，采用有效手段减少野外捕捉对鸟类个体造成的应激。一些特有珍稀濒危的鸟类，更需要科学评估数量和标准，采用非损伤性取样，比如采用抽血、拔取羽毛、捡取新鲜蛋壳和粪便等方式。

文献、资料搜集：确定采集对象后，收集目标地区的文献和资料，了解拟采集物种或类群的分布范围、资源现状及基本生物学特征和生态习性。拟采集地区基本概况包括：地形、地貌、植被、交通、民情、风俗等工作背景。根据已有的研究基础，初步了解该地区的物种名录。

确定拟采集区域和方案：根据拟采集物种或类群的分布范围、资源现状、工作基础与工作条件、交通等，确定拟采集区域，以最大限度达到采集目的(李桂垣等，1995)。根据拟采集物种或类群特点及其习性，结合拟采集地区的特点，拟定采集方案(包括采集的位点，携带的采集工具和可利用的交通工具)。

1.2 采集手续审批

所有采集工作需在国家《野生动植物保护法》、《自然保护区管理条例》等法律、法规的框架内进行，保证采集活动的合法性。如果为进行野生动物科学考察、资源调查的必须采集该物种，需要向有关部门申请狩猎证或者特许猎捕证。

(一)需要捕捉国家一级保护野生动物的，必须附具申请人所在地和捕捉地的省、自治区、直辖市人民政府林业行政主管部门签署的意见，向国务院林业行政主管部门申请特许猎捕证；

(二)需要在本省、自治区、直辖市猎捕国家二级保护野生动物的，必须附具申请人所在地的县级人民政府野生动物行政主管部门签署的意见，向省、自治区、直辖市人民政府林业行政主管部门申请特许猎捕证；

(三) 需要跨省、自治区、直辖市猎捕国家二级保护野生动物的, 必须附具申请人所在地的省、自治区、直辖市人民政府林业行政主管部门签署的意见, 向猎捕地的省、自治区、直辖市人民政府林业行政主管部门申请特许猎捕证。

(四) 猎捕非国家重点保护野生动物的, 不需要申办特捕许可证, 但必须向县级以上野生动物行政主管部门提出申请但必须取得狩猎证, 并按照狩猎证规定的种类、数量、地点、期限、工具和方法狩猎。

1.3 安全注意事项

野外工作, 安全第一。作为一项在野外陌生环境中开展的工作, 需要考虑到各种突发情况。既要采集地的山洪、泥石流、塌方等地质灾害有预警预判, 也要考虑到鸟类性情凶猛, 做好防止抓啄的保护, 还要对鸟类能携带的传染性疾病和寄生虫的潜在风险做好隔离防护。因此每一位野外工作者都必须具有扎实的专业知识和野外工作技能, 树立强烈的安全意识, 重视个人防护问题, 时刻评估安全形势, 确保人身安全, 切忌冒险开展工作。

在深山密林中工作时, 科研人员应尽可能携带卫星电话、对讲机和 GPS 等, 以便发生意外时与外界取得联系, 得到及时救助。在开展野外工作时, 应尽量保证两人以上同行, 其中一人最好是当地向导, 并应事先向当地政府或主管部门报备。野外工作, 聘请当地人作为向导是顺利开展工作的重要前提之一, 同时科研人员应和向导保持良好的关系, 争取向导的理解和支持。

在某一地区安放雾网或陷阱捕获鸟类时, 应事先告知周边村民, 让他们尽可能回避开研究区域, 避免对研究造成干扰。

野外采集远离城镇时, 应准备常用药品及一些特殊地区所需的特殊药品(如感冒药、止泻药、创口贴等), 同时也需根据采集地区传染性疾病发生的特点并评估与传染性疾病宿主接触的可能性, 必要时在出发前一定时间内进行预防免疫接种, 并准备相应的治疗药品。此外, 了解一些基本的急救和自救知识也十分必要。

1.4 采集工具和材料

根据采集对象准备适宜的采集工具, 采集工具详细清单见(附表 1)。携带好镰刀、雨靴、手套、布袋、绳索、捕鸟杆、雾网等; 如果要采集动物新鲜组织,

则要准备液氮、灭菌手术刀具和取样管等。若无液氮，可以考虑 RNA 固定液和无水乙醇。如需采集动物的血液样品，还需含抗凝剂的取样管、采血针、毛细采血管、抽血针、消毒棉球等。

1.5 采集记录本

野外记录是科学研究中非常重要的原始资料，应使用专业的采集记录本。在填写记录本时，应注意使用国家规定简化汉字，汉字和英文字母要书写清晰，保证记录内容应简单清楚、句式清晰无歧义，不影响信息读取。不使用其他人不明白的符号和避免个人的书写习惯影响他人读取信息。修改错误时不能将错误部分全部涂黑，应只在错误部分划一横线，显示修改的痕迹和过程。记录本应便于携带、防水、纸张不易脱落、具有连续页码。采集记录笔应以中性笔为宜，性质稳定，其墨迹在水、乙醇或福尔马林中不褪色、脱色。放入乙醇和福尔马林溶液中的标签最好用 2 B 铅笔填写(郑光美等，2012)。

野外记录时，要记录采集日期(年月日)、天气(晴阴雨及风力)、采集地名称(县乡村及地点名)、调查开始与结束的时间、调查起始与终止点经纬度及海拔、调查路线上的地形坡向坡度、植被类型郁闭度、地表植被及其他生境描述、调查路线上观察和采集的标本数与物种数等。记录标本数据时，需记录标本采集号、物种名(中文名和/或拉丁名)、采集日期、采集地点名称(省县乡村及地点名)、采集地经纬度与海拔、采集人、记录人、以及体重、体长、尾长、后足(腿)长、耳长、性别、年龄等基本形态特征量度。如果在野外制有剥制标本或浸泡标本，还应填上制作人和鉴定人。

近年来出现了一些使用移动终端设备如手机等记录标本采集等信息的方法，其最大的优点是可将采集地点信息与生境拍照，以及标本信息与标本拍照直接关联起来，为后续的数据分析等工作带来了便利。但因存在设备丢失、数据丢失、电量耗尽等风险，目前还不能完全代替纸质的采集记录，只能是这两种方式同时使用。

1.6 记录本保存

记录本是采集活动和标本的重要档案，因此需要专人保管，同时注意防潮、防湿、防虫，定期检查墨迹清晰程度。野外采集和标本数据还应及时输入电脑或扫描成标本信息，保存成电子档案。博物馆或标本室应建立严格的借阅、归还登

记制度，并统一制定专门的采集记录本(表)。

1.7 野外用品和装备

在野外进行科研工作时，专业齐全的野外用品装备是顺利开展工作的前提。应穿着专业的具有功能性户外的服饰，衣服最好结实耐磨且兼具防寒保暖的功能，选择的颜色不能过于鲜艳，以免惊飞鸟类。根据野外具体工作地点和情况选择是否准备帐篷、睡袋、炊具等。除此之外还应准备以下物品：

(1)医药用品：一般(感冒、腹泻)的治疗药品、跌打喷雾、消毒药水、纱布、绷带、药棉、驱虫止痒药品等。特别注意要提前准备好未过期的蛇药，一般可选择网上购买季德胜蛇药片，数量根据参加野外采集的人数而定，准备一半人员被蛇咬一次所需的用量。

(2)专业装备：单双筒望远镜、便携式数码长焦相机、GPS、罗盘、头灯、强光手电、足量电池、充电设备、温湿度计、户外卫星地图 APP 等。

(3)其它：尼龙绳、防水塑料袋、卫生纸、记号笔、铅笔、小刀、橡皮擦等、打火机等。

(4)必要的专业书籍。

1.8 采集注意事项

野外采集应遵守以下原则：

(1)严格遵守国家和当地动物保护及其他相关法律法规（见 1.2 采集手续审批）。

(2)不破坏鸟类的栖息地或最大限度降低对栖息地的破坏。

(3)适度采集，不过量采集。

(4)采集时尽量不破坏个体的形态特征。

(5)尽量不影响鸟类正常的生理功能、尽量减少个体应激。

(6)采集前准备好各项安全、急救措施，防止鸟类抓啄。

(7)准备好采集工具和样品和标本存放器具。

(8)采集后应尽量恢复原来生境。

(9)做好防护措施，避免被有毒昆虫和动物咬伤或传播疾病。被一般蚊虫叮咬后可自行涂抹药剂处理。被蜱(俗称草爬子)叮咬后，若无相关处理经验，应及时就医，以免引起感染。被蛇咬伤后，先根据伤口和身体感觉判断是否有毒，若

有毒则应立即采取急救措施，同时外敷和内服蛇药片，并及时赶往最近医院进行救治。在野外应尽量避免单独行动。野生动物除非感受到威胁，否则通常不会主动攻击人类，如在野外遇到，首先要保持镇定，不要跑，面向动物并避免眼神接触，缓慢倒退离开，避免冲突。若遇到被攻击的情况，首先手持身边的一切物品，如衣服、背包、树枝等，张开双臂同时大喊大叫，以进行恐吓。若还是向你进攻，则利用身边的一切工具如木棍、石头等，看准时机攻击其面部、眼睛和鼻子。

1.9 采集过程对野生鸟类的损伤

除了仅涉及观察、拍摄、录音等的研究外，野生鸟类相关研究材料的采集，一般都需要捕获鸟类。对于体型较大的鸟类，捕获过程可仅对其造成轻微伤害。而对体型较小的鸟类，这一过程甚至能够造成直接死亡。若被长时间困于陷阱中，鸟体也会由于脱水、挣扎、被其他动物捕食等原因而死亡。因此鸟类捕获后，如不需要制作标本，应尽快转移至透气的布袋中以避免挣扎，并置于温度适宜的地方，根据研究需要尽快完成数据或少量组织样本的收集，后在捕获地点附近放生，以尽量减少对鸟体的伤害。

制作标本无疑会造成鸟体的死亡。而对于 DNA 组织的采集，按照伤害程度大小，取样方法通常有三种：即伤害性取样、非伤害性取样和非损伤性取样。在进行采集时，应根据鸟类的珍稀、保护情况选择合适的方法进行取样。

非损伤性取样：就是不伤害鸟类的情况下，通过收集脱落的羽毛、粪便、卵壳等样品，利用这些自然脱落的组织样品提取 DNA 进行研究。但获取的 DNA 片段小、基因数量有限。此法仅适用于对濒危保护、不易发现和捕获的鸟类进行采样。

非伤害性取样：对捕获的活体动物抽取血液、采集羽毛、羽鞘（最好是新长出带有血液的羽鞘）。这种方法适用于对濒危保护、不易发现和捕获的鸟类进行采样。

伤害性取样：用陷阱、网捕后处死，解剖后获得新鲜的肌肉、肝脏、心脏、肺、脑等器官和组织样品。这种方法适用于常见、数量较多、未受保护的鸟类物种，可获得大量的组织样品，以便开展基因组学的研究。

采集过程中对野生鸟类不同损伤程度及相应的处理和可获取材料的详细情况列表如下。

表 2.采集过程中对野生鸟类不同损伤程度及相应的处理和可获取材料

	捕 获	伤 害 程 度	采集处理	可获取的研究材料	适用范围
非 损 伤 害 性 取 样	否	无	观察、拍照、录像、录音、捡拾羽毛、粪便、卵壳	影像、声音、形态、行为等数据，少量组织	濒危保护、不易发现和捕获的鸟类
非 伤 害 性 取 样	是	较小	采血、粪便、羽毛、体表寄生虫、肛拭子、咽拭子	影像、形态等数据，组织	濒危保护、不易发现和捕获的鸟类
伤 害 性 取 样	是	死亡	制作标本、采集组织等	影像、形态等数据，标本，大量组织	常见、数量较多、未受保护的鸟类

2. 影像和鸣声资料获取

2.1 获取影像材料（野外摄影和录像摄制）

随着影像技术的发展，越来越先进、越来越轻巧的野外摄像设备被大量开发和运用到动物学野外研究工作中，如红外相机、无线电追踪器、无人机等等。大量的野外录像和照片是极为重要的科学资料，它如同标本一样在以后的科学研究中有着不可替代的重要作用。随着影像技术的发展，现代的宏观动物学和生态学研究越来越倚重动物的野外影像资料。影像资料的重要性在于，它可以将大量的环境信息生动而准确地记录下来。用于描述生境和动物的形态、色彩等，影像比语言文字更加准确。动物的行为往往是稍纵即逝的，短期内发生大量的行为给研究造成一定困难，而摄影技术的发展，也为保存动物的行为资料，为后续的实验室行为分析提供了技术保障。

2.1.1 工具和设备

一般的影像设备都是专业的摄像机和照相机，不同的摄影工具具镜头有不同的适用场景和拍摄需要。专业的设备是获取高质量动物影像资料的前提。拍摄远距离动物，需要使用长焦和照相机；而拍摄细小近距离的动物，则需要使用微距的摄影器材。

目前用得最多的 30-60 倍左右的数码长焦照相机。这种相机功能强大、携带方便，既可以拍照也可以摄像，还可以拍摄远距离和近距离的动物，在野外可完成基本的物种识别。60 倍变焦的数码长焦相机就基本能满足野外研究的拍摄需要，但如果要拍高清的动物影像，需要更先进更高清的影像器材。

2.1.2 摄制内容

摄影是野外工作中非常重要的工作内容之一，它能把自然环境、动物的生活和繁殖习性等方面用图片的方式生动地记录下来，作为以后研究的参考。除此之外，还可以用摄像机将野外考察人员考察工作的各个方面录制下来，作为今后科普和研究的宝贵资料。

首先要将野外考察地的主要生境用照相机或摄像机拍摄下来。野外考察地生境往往不是单一的，因此，应适当的拍摄或录制野外工作时的生境和有关的生活片段。再次，对观察到的动物进行重点拍照和摄像。由于动物行动迅速、警惕性高，在野外抓怕动物很不容易，拍照时动作幅度要小，不要发出声音，抓住时机尽量多拍照片。

在野外比较容易拍摄的并非动物本身，而是它们在活动场所的一些活动痕迹，如植被、巢、猛禽吐出来的食物残块，以及泥土或雪地上的足迹等(郑光美等，1997)。

动物巢址的拍摄也是拍摄的重要内容，地面巢是最容易拍摄的。在灌丛、草丛及树上营造的鸟巢很隐蔽，常被树枝叶或高草遮的很严实而不容易拍摄，这需要采取适当措施。最简便的方法是将巢址周围的部分树枝或草丛拨开，甚至清除掉一些遮挡物，但这样可能破坏鸟巢的天然状态，甚至会使某些动物弃巢。较为稳妥的方法是，将照相机或摄像机事先安置在巢附近且能拍下该鸟孵卵的各种行为的地方，将照相机或摄像机加以伪装，之后用自动拍照的方法，将动物孵卵期间的各种行为拍摄或录制下来。

在自然界中拍摄动物的求偶炫耀，交配及亲本育雏的很多行为是非常困难的，这里除了采取各种隐蔽措施之外，还有机遇的问题。对于一些小型动物，机遇成了首要的因素，如拍摄它们交配的照片或摄像，几乎是不可能的。

因为他们的交配行为只需要几秒或几十秒，时间极为短暂，而且交配发生的时间、场合很难预测。因而小型动物交配照片极为珍贵，也极为罕见。

2.1.3 注意事项

摄制影像时，最好将摄影器材固定在三脚架上，以防止视野抖动影响观察。摄制时具备一定的摄影知识是很重要的，在摄制影像的过程中，动作幅度不能太大以免惊走动物，最好采用蹲、卧的姿势。曾经作为限制野外摄像技术发展瓶颈的电源如今已经得到了很好的解决，各种大容量的蓄电池、太阳能电池、燃油发电机等为野外电源提供了多种选择。尽管如此，在从事野外摄像是应注意使用准备好备用电源，以防万一。

2.2 获取鸣声材料

目前常用可以用来监测鸟类的自动录音设备有 **Song Meter**(图 2)、**ARBIMON** 和 **BATLOGGER**，随着发展近年也出现了更小巧的录音设备近年来也出现了外形更小巧、价格更低廉的迷你自动录音设备，如 **AudioMoth**、**Solo**。通过将自动录音设备布设在野外调查点，按照预先设定的启动时间和录音时长录制声音。当研究对象是明确的某个动物类群时，需要有针对性地选择录音位点，比如以森林鸟类为研究对象时，可将录音设备布设在离地约 1.5 m 的树干上，并回避环境声音(如湍急溪流声、录音设备周围树枝摇摆的声音)的干扰。建议在采集录音的同时记录调查日的天气状况，可在后期数据处理时，根据需要识别和去除带有较大环境背景噪声(如雨声、风声)的录音，从源头上削弱噪声对后续音频数据分析处理的影响(赵莹等，2020)。

图 2. 一些鸟类声音录制设备产品图和户外使用图。 a. Song Meter 录音设备。 b. Song Meter 的户外使用图。 c. AudioMoth 录音设备。 d. AudioMoth 的户外使用图。

3. 鸟类采集

部分研究需要捕获鸟类以获取数据和材料。完成后可对状态较好的鸟体放生。若已经死亡或状态较差不能存活，则可将其制作成标本，并可大量获取组织材料等。具体请参考后文(4 野生鸟类死亡后的处理)。

在以往，科研人员可使用猎枪或弹弓等工具直接捕获鸟类，但现今使用枪支为非法行为，且该方法极易造成鸟体损坏，并存在严重的安全隐患，目前已不再使用，而较多使用陷阱捕获鸟类。因此后文将仅论述利用陷阱捕获鸟类的方法。

3.1 采集准备

每次采集地点、时间和种类的确定，要依据标本馆馆藏标本和研究工作需要而定。鸟类有陆禽、涉禽、游禽、攀禽、鸣禽和猛禽(昼行性、夜行性)这几种生态类型，不同生态类型的鸟类的采集方法有所不同(MacKinnon *et al.*, 2003)。一般依据采集对象的习性来确定陷阱的布设地点和时间，这关系到采集工作的成败。对于迁徙鸟类，事先需了解其迁徙路线和时间，从而确定布设的地点和时间。

森林鸟类则最好在林缘和生境交错区或过渡地带，鸟类多样性会较高，有助于提高采集效率。采集偏好在水域活动的鸟类时可将陷阱布设在湖边、河边、溪流上。陷阱布设需要一定的经验，因此采集团队中应至少配备 1 名有多次采集经历的队员，以提高工作效率。

3.2 网捕法

网捕法具有较高的捕获效率，并对鸟体造成的伤害能降低到最小，因而是现今鸟类学研究中用得最多的陷阱捕获鸟类的方法(也用来捕获蝙蝠)。再加上大型鸟类多被保护而仅能用网捕获小型鸟类，使得这一方法更加普遍。遗憾的是，这一方法也被不法分子利用来大量无节制捕获鸟类。

捕鸟用的网具有多种类型，一般常见的有：

(1) 张网：

捕捉小型鸟类的网眼直径多为 18 mm，长度 3-5 m，宽度为 1.5 m。在网的上、下两边贯以较长绳索，用来张挂(见图 3)。张网方法简单，只需将网张开，系在两根有相应距离的网杆(或竹竿、树杆)上。在冬季草原，荒漠或农田布网时，可在网下撒些诱饵引诱鸟类，当鸟群进入网区时，拉动网上端系着的长绳(长 50-100 m)，使网拉倒而捕捉之。

图 3. 张网示意图

(2) 雾网(粘网):

捕捉小型鸟类的网眼直径多为 1.8 - 2 cm，长度 6-12 m 不等，宽度为 2.5-

4 m 不等。雾网布网方法很简单，只需将网张开，系在两根网杆(或竹竿、树杆)上即可(图 4)，在每根杆的中上部各系上两根绳，用于固定鸟网。鸟杆上的绳子可系在树枝上，没有树枝则系在人为插入地中的树桩上。布网要选择适宜地形，捕获丛林鸟类，一般将网布在林地边缘或林间空，雾网对林下鸟类尤其是林下雀形目鸟类的捕获非常有效(邹发生和陈桂珠，2003)。将网横跨小溪上，还可捕获到褐河乌、红尾水鸲、鱼狗、翠鸟等在溪流活动的鸟类(郑作新，2000)。通过鸣声回放，可捕捉特点对象的鸟类。将网张挂后，采集者需离开，并每隔 1.5-2 h 定时巡查网具，以防止被捕获的活鸟在网上滞留太久而死亡，或者出现猛禽，肉食动物或蚂蚁、胡蜂伤害被缠住的活鸟的情况。粘网可捕捉栖息于森林、草原、荒漠、溪流、沼泽等地的鸟类。

图 4. 雾网使用示意图

无论用张网或粘网捕捉的鸟类都是完整的鸟类个体，可剥制成完整的标本。关键在于要按时检查鸟网，及时取下被挂在网上的鸟类，对于那些不在采集计划内的鸟类，可在远离网捕点后放飞，这样既可防止猛禽、小型食肉兽和蚂蚁损伤鸟类或在烈日下暴晒引起标本的腐败、糜烂，保证鸟类资源不被浪费。网捕除了能捕获完整标本的优点外，它还可以在各种类型的生境(草原、荒漠、戈壁、沙漠、森林、灌丛、溪流、海滩等)中张网捕捉鸟类。对于鸚鵡类，或水禽、涉禽而言，网捕不失为最好的方法，但网捕的不足之处在于不易捕获大型鸟类(猛禽、鹤、鸚类等)以及森林中高层树上生活的鸟类(如啄木鸟、杜鹃等)。

3.3 其他方法

对于部分不易用网捕获的类群，如营地下巢的鸟类，或者大型水禽等，可采用其他方法。例如鼠铗法，依据需要可以制作各种型号的钢丝铗(图 5)捕获鸟类。布放钢丝铗较方便，可随意放置于树上、房顶和地面上，铗子上放置诱饵，可捕捉各类小型鸟类。但此法多可直接造成死亡，并破坏皮肤、骨骼等组织，一般较少使用。

图 5.鼠铗

对于大型鸟类可使用地面陷阱(俗称下套子)，使用另一端固定的活套绳索置于鸟类活动区域，待其经过时勒住其足部，从而捕获。此法可在中大型鸟类迁徙研究中用于捕获鸟类后安装卫星发射器。

3.4 诱捕

可以采用下列几种诱捕方法来提高捕获效率。

(1) 定点投食

定点投食被越来越多地用在保护鸟类度过缺食的严冬季节和珍稀濒危鸟类的生态研究之中。投食也可用来提高鸟类的采集效果。例如，在张网或雾网的地面上投些食物，可提高捕获鸟类种类和数量。定点投食，亦可诱捕那些极为罕见珍贵的鸟类(郑光美，2017)。

(2) 鸣声回放

鸟类鸣声是鸟类之间传递信息的途径之一。利用事先录制的召唤叫声，在计

划诱捕的鸟类栖息地进行回放，可以诱捕该种鸟类。此法的主要缺点是费时较长，效果有限，仅在鸟类繁殖季节效果较好。

4. 非致死性获取鸟类组织材料

鸟类组织、器官、血液样品的采集主要取决于研究的需要。例如，进行分子系统进化和群体遗传学的研究仅需要采集少量的组织样品和血液样品。进行鸟类基因组水平的研究则需要采集新鲜的动物组织样品和血液样品，若操作得当，血液样品的采集一般不会造成鸟体死亡，因而可适用于受保护鸟类的研究中，现已广泛应用于各类研究。该部分所需实验器材列入（附表 2）。

4.1 血液样品的采集

鸟类取血应用于鸟类活体，取血的部位一般在腿部或翅下静脉。这里对翅下静脉采血进行介绍，实际操作演示见（视频 1）。

鸟类的翅下静脉采血，首先将鸟类固定好，使一边翅膀展开，露出腋窝处，将这个区域的羽毛拔除，即可见到由翅根进入腋窝一条较粗的静脉(图 6)。首先对鸟体取样部位进行消毒，用手指压迫翅下静脉的近心端，使血管怒张，然后用采血针进行采血。采血针的规格大小根据鸟体的大小决定，实验操作视频中采集鸽子的血液用的 24G、0.55 mm 紫色规格的采血针。体型更大的鸟需要用针管外径更大的采血针。采血针不同规格型号（表 3）。如果采集体长过于小的鸟，如柳莺等，则可用注射器针头或取血针刺破静脉血管，并直接用带有抗凝剂的毛细管取血。采血针斜 45 度刺穿皮肤插入血管，看见采血针有血流入后，动作轻缓调整采血针的位置使其尽量从血管中间穿入，保持采血针和血管平行。采血完毕后，将采血针拔出，用酒精棉片按压采血部位片刻。取得血样之后，抗凝剂的采血管或者离心管。根据实验目的选择合适的方式保存血样。

视频 1. 鸟类翅下静脉采血

表 3. 一些常见采血针的规格，颜色标识和针管外径

28G 深绿色 0.36mm	22G 黑色 0.70 mm
27G 灰色 0.40mm	21G 绿色 0.80 mm
26G 褐色 0.45mm	20G 黄色 0.90 mm
25G 橙色 0.50mm	19G 米黄色 1.00 mm
24G 紫色 0.55mm	18G 粉红色 1.20 mm
23G 蓝色 0.60mm	16G 白色 1.60 mm

图 6: 翅下静脉的位置标注

4.2 其他样品的采集

(1) 粪便

粪便是分子生物学分析常用的样品，特别适用于难以发现的珍稀濒危动物。可以通过观察找到动物栖息地和动物经常活动的地方去采集粪便，如大熊猫、金丝猴、雁鸭类、鸛鹑类等动物的夜宿地。粪便采集时，应尽量采集新鲜的粪便，以防 DNA 降解过快。粪便的收集应该注意将与粪便接触的表层土剥落，取粪便中心部位保存，减少环境对粪便样品的污染（粪便的取样过程视频 2）

由于鸟类直肠很短，排泄间隔时间短，可以将捕获的鸟类放置于消毒的托盘中用笼罩住，在暗光条件下等待 15-20 min，进行粪便收集。需要注意的是等待时间不易过长，由于鸟类在笼内跳动容易破坏粪便样本从而导致粪便样本无法收集。

收集的粪便样品应该用无菌冻存管保存，立刻放置到干冰中保存，有条件的可以转移液氮或者-80 °C 条件下长期保存。

视频 2. 粪便的采集

(2) 羽毛

羽毛中的 DNA 主要集中在毛囊细胞中。在从鸟类上采集或脱落的羽毛中，绝大多数都带有完整的毛囊(赵春江和李宁, 2003)(图 7)。新鲜采集(含有毛囊)的羽毛最尖端、没有覆盖毛发的位置，是用来提取 DNA 的实际组织样本(贾晓旭等, 2010)。合格的羽毛样品必须含有毛囊。在不伤害鸟类的前提下，要尽可能拔取较大的羽毛，以提高鉴定检测的成功率。在翅膀、翅膀覆盖处和胸部，容易获得鉴定检测合格的羽毛。

图 7.合格的含有毛囊的羽毛样品

(3) 体表寄生虫

采用乙酸乙酯熏蒸法进行体表寄生虫样品的收集。首先将捕到的鸟立即从网上取下，每只鸟用布袋隔离、做到一鸟一袋。准备大小适宜的封口袋，将蘸有少许乙酸乙酯的棉球放入其中，再将捕到的鸟放入准备好的封口袋中，使鸟尾在底部，头部露出在封口袋的外面，将鸟颈边的袋子封口用夹子夹紧避免熏到鸟的眼睛和嘴，同时避免头进入封口袋内窒息而死。熏蒸 5 min 后，将鸟移出封口袋，握住鸟的跗趾，将鸟置于铺有白纸的方盘上方，用镊子逆着羽毛的方向拨动羽毛，直到没有寄生虫掉落为止。肉眼手工仔细检查鸟类的头部，观察是否有寄生虫或卵，如果有，就用剪刀剪下寄生有寄生虫的羽毛。取样结束后将鸟原地放飞。若鸟体型较大，无法进行熏蒸，则使用手工检查的方法。按照翅(下侧)、腹侧、腹部、臀部(下侧)、胸部、翅(上侧)、背部、臀部(上侧)、颈部、头部的区域顺序对鸟进行检查。按照“一鸟一管”原则将获取到的样品放入 EP 小管内，加入 96%乙醇固定。放置于-20 °C 的冰箱储存(储杏枝，2017)。

(4) 肛拭子和咽拭子取样

对于鸟体是否携带病毒的常用检测方法就是肛门排泄物和唾液分泌物取样，

现多用于迁徙水鸟和禽类的禽流感 and 新冠病毒病毒检测或免疫后的监测工作。在检测之前应填写取样表，包括编号、鸟种、性别、年龄、采集地点、采集日期和采集人员等信息。

肛拭子：将鸟体保定后寻找泄殖腔，轻轻挤压泄殖腔处，用无菌棉棒蘸取泄殖腔排出的排泄物连同棉棒一起放进已经编号的取样管，采集完毕后一起放入冻存箱或干冰桶中保存待检。

咽拭子：将鸟体保定后，用无菌棉棒伸进嘴部至咽喉上下蘸取分泌物后连同棉棒放入已经编号的取样管，采集完毕后放入冻存箱或干冰桶保存待检。

取样过程中要安静迅速，避免惊吓到鸟类，操作时注意自身的防护和样本的保护，防止污染。

5. 野生鸟类死亡后的处理

野生鸟类在用各种方法捕获后，有可能造成死亡。这时可进行后续的标本制作和组织取样等处理。若需要制作标本和采集各种组织样本，而鸟体为存活状态，则需要将鸟类处死。一般采用胸部按压，使其尽快窒息而死。

5.1 整理和编号

首先对死亡鸟体进行清理和评估，选择那些皮肤完整的个体制作标本。根据采集的时间、地点等信息进行编号。如 **2020GGS001**，**2020** 表示时间，**GGS** 表示贡嘎山拼音简写，**001** 表示第 **001** 号标本。编号最好用中文，如果用英文，应在采集记录本首页或者备注页上明确说明 **GGS** 代表的是贡嘎山。

标本质量的好、坏取决于三个主要因素：

(1) 采集标本的方法。如网捕的标本是完整的，用猎枪捕获的标本往往是有缺损的。

(2) 标本的制作。这是一项技术性工作，其制作标本的质量主要取决于制作者的经验、熟练程度和细心程度。

(3) 制作完成的标本。必须加以认真整理及保存。

5.2 测量

5.2.1 测量工具

显数游标卡尺，卷尺，电子天平。

5.2.2 测量内容

标本测量单位以毫米(mm)为单位。在测量标本前,应先对体重进行称重,通常以 g 为单位。记录其体重、体长、翅长、嘴峰长、尾长、跗蹠长、成幼、性别、采集地、采集日期、采集者、种类名称。

需要特别注意的是,体重和体长为必须测量的指标,因为这二者在标本制作好之后是无法测量的。成幼、性别可在标本制作时和后续的解剖过程中确定,如果无法确定也应记录。翅长、嘴峰长、尾长、跗蹠长这 4 个量,以及其他更详细的形态特征,可以在其进入标本保藏后再行测量。

主要测量以下形态特征(详见图 8):

- (1) 体长(body length): 嘴端至尾端的距离(此项量度应就采得的标本未经剥制前加以测定)。
- (2) 翼展长(wingspan length): 两翼伸展时的长度。
- (3) 翼长(wing length): 翼角(即腕关节)至最长尾羽的尖端的直线距离。
- (4) 尾长(tail length): 尾羽基部至最长尾羽末端的直线距离。
- (5) 嘴峰长(bill length): 嘴基生羽处至上嘴前端的直线距离。
- (6) 跗蹠长(tarsus length): 胫骨与跗蹠关节后面的中点,至跗蹠与中趾关节前面最下方的整片鳞的下缘的直线距离。

体长的测量需要特别注意,在不同的死亡状态下,鸟类颈部的弯曲程度不同,测量自然长度会引入较大误差。因此推荐的测量方法是,用手轻按颈部使其尽量伸直并平行于测量平面,再行测量读数(Morgan, 2004)。除此之外在测量的时候使用柔性卷尺或者刚性尺所得到的测量结果也会有所不同(Goodenough *et al.*, 2010)。

除上列特征外,还有嘴裂长、指、爪的长度,视需要加以测定。

图 8.鸟体测量方法(Baldwin *et al.*,1931)

5.3 记录

野外采集过程中,应及时详细地记录下所观察到野生鸟类各方面的内容,因为这是极为珍贵的第一手科学研究资料,应给予足够的重视。由于野外考察任务的繁重以及时间紧迫,加之野外工作条件的艰辛,常常使野外工作者感到十分疲乏,再加上野外的气候变化无常,致使对野外采集记录过于简单而缺失部分信息,这是野外考察中最易发生的事,所以每天回到驻地后应及时填写记录表和标签。做好野外采集的详细记录并不容易,这需要培训和野外工作经验。

野外标签是野外采集标本时重要的科学资料的实录，是极为重要的资料，应予以重视，每次测量完标本后应及时填写标本标签和记录本标签，做好标本后还应及时系好标本标签，标本标签内容包括：

正面：①单位名称；②采集号；③采集日期；④采集地；⑤采集人和鉴定人；⑥海拔高度；⑦经纬度。

背面：①体重；②嘴峰长；③性别；④体长；⑤翅长；⑥跗蹠长；⑦尾长；⑧虹膜颜色。

鸟类标本标签如下：

正面：

四川大学自然博物馆标本标签			
种名：	学名：		
采集号：	采集地：	省	县 乡 村
日期： 年 月 日 时	海拔（米）：	经度：	纬度：
采集人：	鉴定人：		

背面：

体重:	(克)	嘴峰:	毫米	性别
体长:	毫米	跗蹠:	毫米	
翼长:	毫米	尾长:	毫米	
虹膜颜色:	备注:			

除了标签，野外记录资料还包括野外记录本，野外记录本式样如下：

标本编号：	日期： 年 月 日
中文：	当地俗名：
学名：	
采集地点：	海拔高度：
体长： 体重：	眼： （色）
嘴峰： （色）	跗蹠： （色）
翼：	尾：
性别：	多寡： （结群，单个）
生活环境：	
食物：	
巢： 筑在 上，高： 宽： 深：	
所用材料：	
卵： 颜色：	共 枚
附记	

5.4 标本制作

5.4.1 材料和工具

各种规格的医用镊子、医用剪刀、医用解剖盘、骨钳；各种规格的大头钉、昆虫针；竹签、竹棍、小刀等，医用纱布、医用脱脂棉、吸水纸、棉线、标签、针、消毒棉签等（附表3）。

5.4.2防腐剂

目前国内使用最多的防腐剂是砒霜膏和砒霜粉。但砒霜是一种剧毒药品，购买审批较麻烦，使用时也需注意安全。随着标本保藏技术的发展，物理防腐(利用冷库中的超低温冻死各种虫卵)是目前最环保先进的方法，该方法在欧美国家的标本保存中得到广泛运用，国内各大标本馆也已采纳并取得较好的效果。

非剧毒防腐剂配制：硼酸粉 130 g，樟脑粉 60 g，烧明矾粉 60 g。搅匀即可使用。在最简陋的情况下，也可单独使用樟脑粉做防腐剂。

5.4.3注意事项

野外考察中往往时间短、任务重，所以在鸟类采集过程中，常常只追求数量而忽视标本的质量。这主要表现在标本采得太多，当日无法全部制成标本，这势必会将未制成的标本留至第二天再行剥制。这容易导致标本糜烂腐败而无法制成标本，尤其在酷热夏季造成标本资源损失。为保证在野外所采集的标本的质量，应重视下列几方面：

(1) 采得每号标本应将棉花塞入鸟嘴，以防黏液或血液从嘴里流出而污染羽毛。同时用旧报纸将标本包裹好放入采集袋中。如此，就可以保护好刚采得的鸟类标本。如果有低温冰箱或者冰柜，可以将标本用自封袋保存后暂时放入冰箱和冰柜中冷冻，延缓标本腐烂速度。

(2) 应当做到所采得的新鲜鸟类当天做成标本。对那些极为珍贵的稀有鸟类，更应及时制成标本。

(3) 制好的标本需认真地进行整理，理顺好每根羽毛，使每号标本保持最完善的状态。最后用脱脂棉包裹好每个标本，并将其用大头针或珠针固定于泡沫板上，放置于凉爽通风处，晾干标本以防潮湿腐烂。标本不能放在人看不到的地方，需防止野外动物破坏标本，造成工作损失。

标本根据用途有生态标本、研究标本、教学标本等，下面仅就研究标本的制作做一个简要介绍。

5.4.4制作步骤

制作研究标本的材料要完整、洁净、新鲜。要了解其解剖和生理结构，以便在填充标本是还原其形态特征。

(1) 剥皮

先用棉花塞入鸟体口腔和肛门，以防内容物流出污染羽毛，把鸟体腹面朝上。从胸部中线开口，用左手的食指和拇指将胸部中线位置的羽毛向两侧分开。右手持解剖刀至胸部(龙骨突的高峰点)起到肛门前端，拉开皮肤，见肉即止，不要把肌肉和腹部划开。在开口两侧的羽毛和皮下，边剥边撒上一些石膏粉，这样皮下的血液、脂肪或粘液就不会使羽毛污染而粘在一起。用左手捏起一侧的皮，右手将刀插入皮与肌肉之间，刀刃向内贴于肌肉进行剥离。剥离的顺序从腹面至背面，从前向后。剥至腿部时，左手捏住跗蹠骨部向内推出胫骨，使膝关节突出，并从膝关节割断或剪断，使股骨以下部分与躯体脱离。另一侧也照此进行。当两腿与躯体分离后，向肛门和尾部剥离。从直肠末端将直肠割断，继续向下剥离，在尾椎骨的末端(尾综骨)将尾椎骨剪断，尾部便可脱离躯体。

这时，将躯体竖起，臀部朝上，由后向前剥腿。剥腿至肩部，从肩关节剪断，使翅膀和躯体脱离。

而后继续向前剥离，用右手抓住躯干，左手分离颈部(可不用刀具)。当剥离至头部而露出头骨时，左手抓住颈部，右手持刀剥离头部皮肤，见到白色薄膜，表明已到外耳孔处。将耳膜割断，顺此向前剥离至眼眶处，将眼眶周围皮肤割断，使眼球全部露出，继续向前剥离至喙的基部。皮肤和骨头要保持连续状态。这时从第一颈椎沿枕骨把整个颈及躯体部分分离。剥制工作基本完成。

对于那些颈部较长和头大颈小的鸟类，如鹤、天鹅等，还需在头骨后部或头的腹面向后加开一口，才能使颈部全部剪除，直至剥离头部皮肤(许永贤，2009; 杨果等，2014)。

(2) 去肉与防腐

去肉就是把留在骨骼和皮肤上的肌肉和脂肪等软组织剔除干净。

头部：用镊子夹棉花从枕骨大孔基入脑颅腔，将脑挤出，反复进行，蘸净为止。或将头骨后半部的三分之一切除，去除脑髓。用刀、剪、镊摘除眼球，舌体及各部位的肌肉和软组织。

翅膀：先将肱骨提起，剥离周围的皮肤，剔除肱骨上的肌肉，再将其送入皮内，然后把翅膀展开，内侧朝上，自肘关节下刀沿尺骨、桡骨位置顺次开至指骨端。皮向两侧分离，剔除此处肌肉。对于比鸽子体型小的鸟类，可从肱骨处一直剥离到指骨端，剔除此处肌肉，不用再行开口。

腿、跗蹠部：胫骨上的肌肉的剔除与肱骨位置完全相同。对于跗蹠骨部位的筋腱等组织也要除去。通常在脚掌中心的脚垫位置，纵开一小口，用带钩的铅丝从开口插入跗蹠部位勾出腱、筋和肌肉。

尾：用刀刮或用剪刀剪去尾综骨和尾羽周围的骨肉，脂肪和尾脂腺，在尾羽剔肉时要防止尾羽根分离和尾羽脱落。

防腐：在填充前或连接固定假体前需在皮肤内侧面涂抹防腐剂，在此过程中要防止羽毛脱落，使标本能长期保存(武迎红，2006；刘昌利，2008；李永民等，2011；鲍方印和刘昌利，2008；杨果等，2014)。

(3) 装填

躯体支撑：用竹棍作为连接颈部和胸部的支撑，并在上面缠上棉花；同时在留下来的股骨上和肱骨上缠上与肌肉形态相当的棉花。四肢骨头末端留出一定的棉花与腹部填充的棉花连接。

填充和缝合：填充物有很多，最常用的是医用脱脂棉。

假体显示不出的部位需用填充物，并依鸟类的不同形态特征进行填充，要把该鸟的胸、背、长、短、肥瘦等特征表现出来。通常是喙囊部位要少填，胸部要丰满，腹部要鼓起，背脊部位要显示清晰，腿部要丰满。一次性的填充量不宜过大，要把细微特征显示出来，且填充的松紧虚实都要适量，正确的填充是要将皮肤完全撑起，且要有蓬松感，这有利于显形和顺羽。

填充、缝合、顺羽是彼此交替进行的。缝合的方法是每次由皮内面向外穿针，顺着开口两侧由前向后对称缝合，针距要均匀，由前向后。针距的大小，以不露填充物和针线为宜。

(4) 整形

初步整形：把缝制好的标本在轮廓、结构和趋向方面进行初步造型。制作研究标本，应把双翅收拢，将两腿伸直，可略有弯曲，折缩颈部使头抬起。若躯体过肥过宽，可将两侧向中间挤压，并大致将羽毛进行梳理。做研究标本不需要安装义眼，在野外则用大小相当的棉花球来代替(王树新和梁实玉，2006)。

顺羽：可先逆梳羽毛使其蓬松，便于逐个理顺。由绒羽到正羽，从小羽到大羽都要细心的梳理。若翅膀的飞羽不易理顺，可用绷带缠绕起来，但不要过紧。对较宽阔的尾羽，可用两块硬纸板，将其上下夹住进行固定。脚趾可用大头针分别钉在台板或支架上。制好的标本放在阴凉处晾干，待标本完全干后，可将固定作用的绷带、硬纸板和大头针等全部取下(王树新和梁实玉，2006；鲁金波等，2008)。

(5) 其他

填写标签：每件标本的标签上应注明种名、性别、体重、体长、海拔高度、采集地、生境、日期、采集者等。

5.5 组织样品采集

标本制作完成后，剩余的部分可用于肌肉、肝脏、心脏等组织样品的采集，以及器官、骨骼标本的制作。

5.5.1 采集工具

此部分材料、工具和药品可与采集血液和其他组织样品通用。

材料和工具：各种规格的医用镊子、医用剪刀、手术刀、医用解剖盘、小刀、取血针、取血管等，医用纱布、医用棉、吸水纸、棉线、标签、消毒棉签、取样管、冻存管等。

药品：无水乙醇、70%乙醇、DNA 保存液、RNA 保存液等。

5.5.2 采集方法

进行鸟类组织取样时，应对取样工具，如解剖刀、解剖剪进行消毒处理，每次取样之前要用消毒棉签对取样工具进行清理，避免动物 DNA 的交叉污染。

采集肌肉组织时，要从鸟体的胸部、腿部剪取。将组织样品放入盛有无水乙醇的取样管或冻存管后，用干净的小剪刀将组织样品剪碎，让样品充分

与无水乙醇接触，加快脱水和保存 DNA。一般情况下，样品的量不应超过取样管容量的三分之一。冻存管的大小根据研究的需要，一般用 2 ml 或 5 ml 较好。

内脏器官的采集同肌肉组织一样，根据需把肝脏、心脏、肺、肾脏等器官用无菌剪刀剪碎后分别放进盛有无水乙醇或 DNA/RNA 保存液的试管内。

皮肤样品一般以剥出完整的皮肤进行保存为最佳。若皮肤有缺损则可先将皮肤完整剥下后，优先选择具有明显分类特征或羽色鲜艳的部分，如头部、胸部、翅及尾部，用消毒后的手术剪将所需皮肤剪下放入液氮中进行冻存。后续再移至超低温冷冻存储箱中保存，整个操作过程尽可能迅速以降低 RNA 等降解的风险。

5.5.3 组织样品编号

组织样品的编号一般与标本编号一致。也可重新编号，但应通过相关记录进行关联，方便以后查证。在记录本和取样管上同时标记物种采集编号，切忌不可将编号弄混或者出现不一致的编号，缺少物种信息的动物实验样品对实验的开展毫无意义。因此，野外动物样品采集务必要弄清楚动物的采集编号和物种名称。

三、野生鸟类相关研究材料的保存

1. 标本的保存和运输

对野外所得的标本，在搬运前都应一一检查，并理顺好羽毛，再将标本包裹好，整齐地放入箱里。装箱前应在箱体底部和内壁铺满棉花。每箱标本不能装太满，以免造成标本变形。如未能装满箱则可用棉花填满，以免在搬运时，标本间互相撞击损害标本。标本装箱时，应轻拿轻放，搬运时应尽可能减轻震动，以确保所有的标本都能完整无损的将它们搬运到实验室。运回的标本应及时开箱，将每号标本重新进行整理，理顺好被弄乱的羽毛，并放在阴凉处晾干(薛大勇等，2010)。

经过旅途的搬运、颠簸，标本易受损坏。野外工作的繁忙、时间紧迫以及雨雪、阴天等的影响，标本往往来不及晾干就装箱托运。因此，带回来的标本必须及时从箱中取出，放在阴凉处晾干，以免受潮。

在标本晾干之前，需对标本逐个的进行检查，对于那些在运输途中已变形，或使羽毛弄乱而使标本不整齐的，应努力整形和理顺标本。检查每个标本的标签是否系在腿上，如已脱落，应重新系紧在腿上。与此同时，对标签上的内容应认真检查，如有遗漏或错误，应查对野外记录本并及时补充和纠正。

将制作好的标本系好标签后，在冷库中用超低温消毒 3 个月后再放入标本馆或者博物馆相应的储藏柜中。管理人员应经常对标本进行巡视，及时对出现变质、发霉的标本进行处理。

2. 组织样品保存

DNA 分子分析成功与否取决于样品的采集与保存方法，因为 DNA 易在核酸酶、机械振动、过热、高湿和强光等条件的影响下发生降解。在野外采集的组织样品应及时放入 -20 °C 低温冰箱或 -80 °C 的超低温冰箱中，因实验需要，一些动物组织还应及时放入液氮中进行保存。

(1) 血液样品保存

抽取血样之后，需要立即冷冻保存或放入盛有抗凝剂的取样管。在野外最好放在液氮罐里保存，回实验室后整理编号再放进低温冰柜里保存。

(2) 肌肉和内脏保存

鸟类肌肉组织或内脏器官提取后，放进事先准备好的无水乙醇试管内。一般试管的大小根据研究的需要取 2 ml 或 5 ml 的试管即可。在野外可用常温保存，回实验室后整理编号后再放入低温冰柜里保存。新鲜组织样品最好每隔 3 天更换一次无水乙醇保存液，使保存液清澈透亮。

(3) 粪便样品保存

粪便中的 DNA 易受水解、氧化和酶解等影响，加入粪样中的 DNA 拷贝数本来就有限，因此，应尽可能地减少 DNA 的降解和污染。保存粪样的方法有 5 种：

1) 干燥保存法：每次采集时要用一次性的手套，将粪使用塑料袋收集起来。然后将粪样在自然条件下干燥，干燥后，用塑料袋保存。

2) 胶保存法：将粪样用塑料袋收集起来在粪样中加入硅胶（每克粪样 4 g 或 8 g 硅胶），在常温下保存（用滤纸将粪样和硅胶分开）。

3) 低温保存法：将粪样用塑料袋收集起来直接放入干冰的密闭箱内或在液氮罐中保存，这比在常温下保存效果好的多。

4) DETS 缓冲液保存法: 将粪样直接放入盛有 DETS 缓冲液 (20%二甲基亚砷, 0.2 mol/l Na₂EDTA, 10 mmol/l Tris, pH 7.5, 用氯化钠调至饱和) 的塑料瓶中常温下保存。

5) 乙醇保存法: 将粪样样品直接放入盛有 70%、90%或无水乙醇的塑料瓶中常温下保存。

(4) 羽毛样品的保存

可参考肌肉样品的保存, 将羽毛放入盛有无水乙醇的试管中, 最好也放入冰箱中保存。

3. 影像整理和保存

在野外考察和采集标本时, 对所拍摄的每张照片和每段摄像均应记录以下主要内容, 以便为将来室内照片的整理和研究论文的撰写提供可靠而真实科学的资料, 没有野外记录的照片, 往往是一张无用的照片。野外影像资料记录的内容包括:

(1) 摄影和录像的时间、地点和生境。

(2) 摄影和录像的动物种类名称和内容。

(3) 摄影和录像时的气候及温度。

(4) 在动物考察过程中都应加入考察者的镜头, 作为今后科学研究和科普教育的重要的资料。

(5) 摄影或录像者的姓名。

首先对每张照片或录像应分门别类加以整理。整理时, 要弄清所拍摄动物的确切种类, 若一时无法确定种类, 待以后标本鉴定后, 再行标明该种动物的名称。对于每张照片或录像, 应保存好原始资料, 因现在的照片都会记录时间、地点、生境、海拔、气候, 甚至光圈, 速度等, 所以保存好原始资料非常重要, 能为科研工作带来很大帮助。然后将一些重要的照片打印或者冲洗出来, 便于展示和做科普宣传。

应使用移动硬盘对野外的影像资料进行备份保存, 同时将野外影像资料提交到博物馆的大型服务器, 以供公共科普的教育和宣传使用。

鸟类影像资料也应同时提交给博物馆, 作为数字化标本数据存档。

致谢

感谢“第二界青藏高原科学考察与研究”国家自然科学基金项目 (STEP No.2019QZKK0501)对本文的支持。

参考文献

1. 鲍方印, 刘昌利. (2008). *生物标本制作*. 合肥工业大学出版社.
2. 陈坤, 刘庆萍, 万晓静, 孙文磊. (2018). 雕鸮翅膀初级飞羽的形态学研究[J]. *野生动物学报* 39(04): 858-863.
3. 储杏枝. (2017). 鸟类宿主身体大小和食性对羽虱感染率和感染强度的影响[D]. 安徽大学.
4. 贾晓旭, 牛鲜艳, 何宗亮, 徐善金 和 杜文兴. (2010). [利用羽毛对鸽子进行分子性别鉴定](#). *农业生物技术学报* (5): 1019-1023.
5. 李桂垣等. (1995). [四川鸟类原色图鉴](#). 北京:中国林业出版社.
6. 李永民, 刘奇, 陈杰, 戴文龙 和 徐亚磊. (2011). [鸟类剥制标本制作工艺探究及改进](#). *阜阳师范学院学报:自然科学版*.
7. 鲁金波, 王玉忠 和 毛景东. (2008). [动物剥制标本制作技术的改进](#). *内蒙古民族大学学报* 14(002): 87-88.
8. 秦啼, 王东权, 曲宁新, 刘帅齐, 李波, 柴洪亮. (2020). 基于粪便 DNA 技术的鸟类物种鉴定体系研究[J]. *野生动物学报* 41(01):145-151.
9. 王树新和梁玉实. (2006). [鸟类标本剥制及其姿态构思](#). *特产研究* 28(1): 42-43.
10. 武迎红. (2006). [剥制动物标本的制作技术](#). *赤峰学院学报(自然版)* 000(006): 24-26.
11. 许永贤. (2009). [活体鸟类剥制标本的制作方法](#). *中国畜牧兽医* 36(005): 213-215.
12. 薛大勇. (2010). [动物标本采集 保藏 鉴定和信息共享](#). 北京:中国标准出版社.
13. 杨果, 于大卫, 崔国强和于锦. (2014). [鸟类剥制标本的制作与保藏管理](#). *现代农业科技* 000(023): 344-345.
14. 约翰·马敬能, 卡伦·菲利普斯和何芬奇. (2000). *中国鸟类野外手册*. 湖南教育出版社.
15. 赵春江和李宁. (2003). [一种从毛发中提取 DNA 的简易方法](#). *遗传* 25(1): 69-70.
16. 赵莹, 申小莉, 李晟, 张雁云, 彭任华和马克平. (2020). [声景生态学研究进展和展望](#). *生物多样性* 28(7): 806-820.
17. 郑光美, 刘凌云等. (1997). [普通动物学 \(第三版\)](#). 北京: 高等教育出版社.

18. 郑光美. (2017). *中国鸟类分布与分类名录 (第三版)*. 北京: 科学出版社.
19. 郑光美. (2012). *鸟类学 (第二版)*. 北京: 北京师范大学出版社.
20. 郑作新等. (2000). *中国鸟类种和亚种分类名录大全*. 北京: 科学出版社.
21. 周彤. (2019). *朱鹮繁殖期羽色变化的皮肤转录组研究*. 浙江大学.
22. 邹发生和陈桂珠 (2003). *雾网在森林鸟类群落研究中的应用*. *应用生态学报*, (09): 1557-1560.
23. 孙成贺. (2020). 柳莺属五种鸟类线粒体全基因组测定分析及通用 SSR 标记开发[D]. 南京林业大学.
24. Baldwin, S.P., Oberholser, H.C.; Worley, L.G. (1931). "Measurements of birds". Scientific Publications of the Cleveland Museum of Natural History. 2: 1-165.
25. Beheregaray, L.B. (2008). *Twenty years of phylogeography: the state of the field and the challenges for the Southern Hemisphere*. *Mol Ecol* 17(17): 3754-3774.
26. Blums, P., Nichols, J.D., Hines, J.E., Lindberg, M.S. and Mednis, A. (2005). *Individual quality, survival variation and patterns of phenotypic selection on body condition and timing of nesting in birds*. *Oecologia* 143(3): 365-376.
27. Costantini, D., Casagrande, S. and Dell'Omo G. (2007). *MF magnitude does not affect body condition, pro-oxidants and anti-oxidants in Eurasian kestrel (Falco tinnunculus) nestlings*. *Environmen Res* 104(3): 361-366.
28. Dufour, K.W. and Weatherhead, P.J. (1991). A test of the condition-bias hypothesis using Brown-headed Cowbirds trapped during the breeding season. *Canadian Journal of Zoology* 69(10): 2686-2692.
29. Goodenough A.E, Stafford, R., Catlin-Groves, C.L., Smith, A.L. and Hart, A.G. (2010). *Within-and among-observer variation in measurements of animal biometrics and their influence on accurate quantification of common biometric-based condition indices*. *Annales Zoologici Fennici* 47(5): 323-334.
30. Morgan, J. (2004). *Remarks on the taking and recording of biometric measurements in bird ringing*. *The Ring* 26(1): 71.
31. Nadeau, N. J., Burke, T. and Mundy, N. I. (2007). *Evolution of an avian pigmentation gene correlates with a measure of sexual selection*. *Proc Biol Sci* 274(1620): 1807-1813.
32. Ran, J. S., You, X. Y., Jin, J., Zhou, Y. G., Wang, Y., Lan, D., Ren, P. and Liu, Y. P. (2016). *The Relationship between MC1R Mutation and Plumage Color Variation*

[in Pigeons.](#) *Biomed Res Int* 2016: 3059756.

33. Riddle, A.B. (2009). [Phylogeography: Retrospect and prospect](#). *Journal of Biogeography*, 36(1): 3–15.

附表 1

采集			
	名称	型号/规格	用量
工具	镰刀		
	绳子	塑料绳/尼龙绳	按每架设 1 张网 5-10 米准备
	手套	帆布手套	
			
实验用具	张网	(1-1.5) m× (3-5) m	
	雾网	(2.5-4) m× (6-20) m	
	竹竿	竹竿高度比网的高出 1m 左右; 直径 4cm-10cm	按每张网 2 根准备
	采集记录本		
	离心管	10ml/20ml/50ml	
	冻存管	2ml/5ml/10ml	
	冻存管盒	带数字编号 100 格	
	液氮		
	RNA 固定液		
	无水乙醇		
	专业书籍	《鸟类图鉴》等	
	记号笔		
	铅笔		
	手套	丁腈手套、PE 薄膜手套	
专业设备			
	单双筒望远镜	放大倍数 8 倍	
	数码长焦相机	长焦镜头 (焦距 70-200mm/100-400mm.....)	
	红外相机	LTL-6210MC 型, LTL6210MC 型、LTL6310WMC 型、LTL5210A 型	
	录音设备	Song Meter、ARBIMON 和 BATLOGGER	
	内存卡	相机一般用 SDHC 内存卡; 录音设备一般用 TF (microSD) 卡	建议内存容量大于 64GB, 且需定期保存导出数据
			
	雨靴		
	手套		
	地钉	帐篷地钉 (在假设雾网的时候使用)	每张雾网需要 4 根
户外用具			

医疗物资	卫星电话		
	对讲机		
	GPS		
	帐篷		
	睡袋		
	头灯		
	强光手电		
	充电设备		
			
	感冒药		
	蛇药	季德胜蛇药片	准备一半人员被蛇咬一次所需的用量
	止泻药		
	跌打喷雾		
	医用酒精		
	纱布		
	创口贴		

附表 2

取样和保存

	名称	型号/规格	用量
采血	一次性静脉采血针	根据鸟类的大小选择合适规格，推荐 0.55×20mm	
	采血管	根据采血目的选择含有不同抗凝剂的采血管	
	毛细采血针	kimble 玻璃红毛细管（内含抗凝剂）	
	抽血针		
采集粪便羽毛	医用脱脂棉		根据实验用量准备
	镊子	消毒处理	
	解剖刀	消毒处理	
	一次性塑料巴氏吸管	1ml/2ml	
肛拭子和咽拭子	离心管	2ml/5ml/10ml	
	冻存管	2ml/5ml/10ml	
	医用棉签	小头棉签/大头棉签	
	镊子	消毒处理	
采集组织	解剖刀	消毒处理	

解剖剪刀	消毒处理
培养皿	
电子天平	可选择精度 0.01 的天平
无尘吸水纸	
PBS 缓冲液	
RNase-free ddH ₂ O	
锡箔纸	
冰盒	
液氮	
离心管	10ml/20ml/50ml
冻存管	2ml/5ml/10ml

附表 3

标本制作

	名称	型号/规格	用量
测量和记录	显数游标卡尺	规格 0-150mm 精度 0.01	1 台
	卷尺		1 把
	标本记录本		
剥皮和去肉	医用镊子	根据鸟类的大小选择合适规格，推荐 0.55 ×20mm	2-3 把
	医用剪刀		
	医用手术刀		
	医用解剖盘		
	骨钳		
	吸水纸		
	石膏粉		
防腐	防腐剂	砒霜膏和砒霜粉； 非剧毒防腐剂配制：硼酸粉 130 g，樟脑粉 60 g，烧明矾粉 60 g； 也可单独使用樟脑粉做防腐剂	
装填和缝合	竹签		根据实验用量准备
	竹棍		
	棉线		
	缝纫针		
	医用棉签		
整形和固定	医用脱脂棉		
	高密度泡沫		
	大头针		
	昆虫针		

铅丝

从 26#到 8#的铅丝在制作鸟类标本时均能用到，如：长尾红头山雀、暗绿绣眼鸟等特小型的鸟类，就采用 26#至 24#铅丝，丹顶鹤、秃鹫、鸬鹚等大型鸟类采用 8#号到 10#铅丝，但最为常用的有 20#、18#、16#、14#等几种型号。

医用纱布
泡沫板
标签