

Sidlauskas, BL, MD Burns, TJ Buser, N Harper, and M Kindred. 2021. Teaching Ichthyology Online with a Virtual Specimen Collection. *Ichthyology & Herpetology* 109(2), 407-423. The original text can be found at <https://doi.org/10.1643/t2020031>. Shared with permission from M. Sabaj, Secretary of the American Society of Ichthyologists and Herpetologists

Translators

Zehua Zhou, undergraduate student, University of California, Berkeley, CA 94720

zzhou32@berkeley.edu

Andy Lee, Research associate, RESOLVE, Washington, DC ndleetl@gmail.com

Intended Audience: Scientists

Language: Mandarin Chinese

We translated this article with DeepL and then modified manually. Phrases like “virtual collection” and “Online classes” were replaced by similar phrases in Chinese instead of translating the words directly from English to Chinese. This translation was done as part of the Spring 2022 Breaking Language Barriers in Ecology and Evolution seminar (IB 84) led by Rebecca D. Tarvin at the University of California, Berkeley. 我们先用 DeepL 将文章从英文翻译成中文，再人工对其进行打磨。许多词汇比如「虚拟收藏」和「网课」都是用中文里类似的词汇来替代，而不是逐词翻译。这个翻译是在由加州大学伯克利分校的 Rebecca D. Tarvin 领导的 IB84 打破生态与进化生物领域语言障碍的讲座课里完成的。

Translation

利用虚拟标本采集进行鱼类学在线教学

几代生物学家都在实践实验室中学习他们的技艺，这些实验室通过收集、观察、比较和操作本来教授解剖学、进化、自然史、系统学和功能形态学。尽管这些活动教授的比较方法是我们学科的核心，但没有机会获得标本收集的学生无法获得这些基础经验。为了填补这一空白，我们开发了一个虚拟的照片和三维标本模型集，并设计了完全在线的鱼类学和鱼类系统学课程版本。虚拟化使学生能够在线上实验室中对标本进行说明和比较，使用二分键识别来自不同栖息地的物种，了解物种的关系，使用系统发育识别同源物，参加基于标本的在线实践考试，并在主题讨论板上互相帮助识别适应和诊断特征。这个围绕着这些藏品建立的课程不仅教育了缺乏类似课程的学生，而且为他们提供了大学学分。我们的实体校园在 2020 年新型冠状病毒疫情关闭后，课程的结构使实体教学能够迅速转移到网上。虽然我们可能永远无法在网上复制含油醇的气味，但标本虚拟化为广泛受众打开了体验式学习的机会；让新一代的学生发展观察、比较和推理的关键技能；并在出现意外挑战时提供大量的教学弹性。

我永远不会忘记，在开始对一组动物进行更广泛的研究时，我感受到的力量。我学会了比较物体的艺术，这是自然学家工作的基础。

-Nathaniel Southgate Shaler, 1909 年

在过去的一百年里，有一个十分有名的关于大学教育的轶事。鱼类学家 Louis Agassiz 从自然历史藏品中取出几件物品摆在学生的眼前，只指导他们「在不破坏藏品的前提下找不同」。这便是 Agassiz 教会学生「比较的艺术」的方法。虽然 Agassiz 的一位学生起初对老师的方法心怀怨念，他却依旧一丝不苟地整理和描述他观察到的形态

的不同，重新组装被拆散的骨架，并比较不同物种之前的结构上的不同。通过这个学习方法，这个学生积极地参与了自主学习的过程，并如上面的引句所说：他掌握了独自发现新知识的能力。

Agassiz 所给 Shaler 的指导里，前者其实保留了学习生物结构的传统方法；这个方法始于古希腊，在文艺复兴晚期再现，并被保留到了现

Sidlauskas, BL, MD Burns, TJ Buser, N Harper, and M Kindred. 2021. Teaching Ichthyology Online with a Virtual Specimen Collection. *Ichthyology & Herpetology* 109(2), 407-423. The original text can be found at <https://doi.org/10.1643/t2020031>. Shared with permission from M. Sabaj, Secretary of the American Society of Ichthyologists and Herpetologists

在。如今世界各地的有机体生物学中教会学生的是推理的能力，比如如何从物种的形态推断出生态方面的信息，区分同源和同功的区别，猜测几个物种之前的关系或是判断出能将一类动物归成一类的分化特征。（Mayer,1988;Singer et al., 2001; Petto and Mead,2009）

事实上，系统学或比较解剖学课程中的实验室实践课成为成为专业鱼类学家或爬虫学家提供了基础经验。谁能忘记在一个充满酒精气味的房间里，感受「每三分钟一次的 30 秒恐慌」面对摆放在盘子里的一组新的生物"

（一位前学生的通讯），但之后又会意识到自己在数小时的学习中获得的难忘且实际的知识的体验呢？

自从 Belon（1555）列出了他正式的人和鸟类骨架的比较，或 Tyson（1699）提倡在给医学生的实验中用灵长类动物来代替人类尸体，导师们在教授比较法时一直依赖实物标本。为学生提供这类标本的需求推动了大部分有历史的收藏品建设，特别是在以大学为基础的收藏品中（Pietsch 和 Anderson，1997 年），许多重视有机体生物学的机构至今仍在维持和使用这类收藏品进行教学。例如，基于标本的主动学习练习填补了过去几十年来鱼类学课程中使用的经典实验手册（Cailliet 等人，1986）。这些练习锻炼学生解剖、测量、观察和比较整个标本及其解剖学的各个部分，如性腺、肌肉、骨骼和耳石。

然而，现代大学正在迅速变化，越来越多的学生在网上攻读学位（Palvia 等人，2018 年），这对教员寻找传统实验室的虚拟替代品带来了挑战。在 SARS CoV-2 疫情发生之前，我们自己的机构（俄勒冈州立大学）的电子校园（Ecampus）每年为超过 24,000 名学生提供教学，有超过 1,300 个班级分布在 70 个学位课程，超过 7,000 名学生完全在网上完成他们的学位（<https://ecampus.oregonstate.edu>，2020 年 1 月 9 日访问）。在疫情大流行期间，俄勒冈州立大学的所有 33000 名学生都通过远程或在线方式接受教育，在最初关闭一年多后，恢复面对面教学的日期仍有几个月。显然，在有机体生物学、自然史和其他学科中提供有效的在线培训的需求从未如此迫切。

甚至在疫情大流行之前，在俄勒冈州立大学的渔业和野生动物系，超过一半报读学

位的学生完全在网上注册。这些学生中的许多人因为家庭责任而需留在郊区地区，使他们只能以网上形式获得高等教育。还有一些学生在大学通勤半径以外的地方工作，为未来的职业进行培训。后一类学生包括正在部署的现役军人，希望改变职业的高中教师，或在偏远地区从事季节性工作的人。这些学生中的许多人将在没有踏入实体实验室的机会下完成他们的课程，有些人将永远不会到访将成为其母校的实体校园。即使是现代大学的面授学生，也有许多经常在网上学习几门课程，以规避时间安排上的困难，允许为课外活动而旅行，允许他们在白天有更多的时间与家人在一起，或者报读他们的母校没有开设的课程。

这种新的学术格局对任何实验课程的教学都构成了实质性的挑战，对那些采用比较法的课程更是困难重重。没有标本可供比较，如何教授比较法？最简单的结论是，这不可能在网上完成，而要把重点放在指导面对面的学生上。然而，这样的决定使许多学生无法获得指导，并造成了一种不平等的局面，即只有那些能够实际搬迁到有教学藏品的校园的人可以从比较生物学课程中受益。即使是在这样的校园里注册的学生，也不是所有的人都有能力回到实验室进行额外的练习，因为许多人从事兼职工作，有些人承担着照顾孩子或照顾老人的责任。这种对使用重要学习资源的不平等机会会转化为学生的不平等成功。

这些成功的教育项目的在线版本可以通过全球化的教育机会来减少这种准入障碍，并可使学生群体更多样化（Moreira，2016）。话虽如此，学生的招募、保留和成功受许多其他方面的机会和特权影响（Yorke 和 Longden，2004 年；Maher 和 Tetreault，2013 年），线上环境亦带来了个别障碍，例如难以在地理上分散和断开联系的学生中培养归属感和参与感（Yorke，2004）。要提高在学术界缺乏支持的人群的代表性，并支持他们成功改善课程和学习材料的获取将是整体战略的必要却依然不足的组成部分。

为了开放俄勒冈州立大学（OSU）鱼类学和鱼类系统学的学分课程在线的使用权，并为参加面授课程的学生增加课后使用标本的机会，我们在 OSU 开发了一个虚拟版本的鱼类教学收藏，并在

Sidlauskas, BL, MD Burns, TJ Buser, N Harper, and M Kindred. 2021. Teaching Ichthyology Online with a Virtual Specimen Collection. *Ichthyology & Herpetology* 109(2), 407-423. The original text can be found at <https://doi.org/10.1643/t2020031>. Shared with permission from M. Sabaj, Secretary of the American Society of Ichthyologists and Herpetologists

2016 年发布。我们决定将标本数据化的原因建立
在其他学科构建虚拟实验室的成功基础上，最引
人注目的是化学（Hawkins 和 Phelps ， 2013；
Tatli 和 Ayas）、工程（Candelas-Herias 等人，
2003）和生物学（Breakey 等人， 2008； Lewis，
2014）的入门课。我们还关注医科学生成功利用
数据化 3D 标本进行病理教育（ Kalinski 等人，
2009）或让公众与稀有化石互动（Rahman 等
人 ， 2012）的例子。正如 2020 年的例子那样，
虚拟技术也为课程授课方式提供了很大的灵活
性，当新型冠状病毒改变学术环境时，我们可以
迅速将线下授课调整为线上授课。

在此，我们描述了我们将标本虚拟化和发布收
藏的方法，使通过比较法进行在线学习成为可
能。我们涵盖了原始 数据库的建设，它与二维照
片的组合，随后通过三维表面扫描的增强，以及
我们在虚拟讲座、实验室、讨论、考试，甚至是
实地考察中使用结果图像和模型的各种方式。最
后，我们讨论了实践中的成功和挑战，并对未来
进行了展望。

材料和方法

标本的选择和来源：大部分虚拟标本来自俄勒冈
州鱼学收藏馆

（<http://ichthyology.oregonstate.edu>）。由于虚拟标
本不会因反复使用而退化，我们能够选择最好的
个体进行成像。这些标本通常来源于研究收藏，
但偶尔也会出现在教学收藏中，如南美龙鱼

（*Lepidosiren paradoxa*）的标本曾是卡尔和莱诺拉
-邦德及其家人的宠物（Nancy Bond Hemming，
pers. comm., 2019 年 7 月 1 日）。为了纳入我们

收藏的重要和罕见的物种，如 Coelacanth

（*Latimeria chalumnae*）或澳大利亚肺鱼

（*Neoceratodus forsteri*），我们经其他地方的馆长
明确允许后使用了他们各自的标本图像。由于每
张外部图片使用前都需要记录版权许可，我们将
这种请求限制于数据库中缺乏的鱼类主要物种。

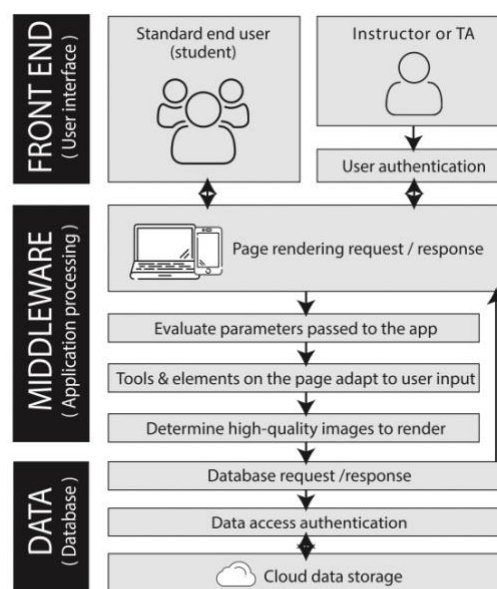


Fig. 1. Tiered application architecture diagram outlining the design of the virtual specimen collection. The collection's middleware processes user queries to retrieve relevant data and images from cloud storage, and then constructs a dynamic webpage displaying those data or allowing the user to modify the desired section of the database. (Credit: M. Kindred).

数据库界面。--成功的网站或网络应用程序应该允
许用户以简单的步骤获取重要信息。例如，网站
应该提供有效的链接导航，并确保网站的工具和
元素能够适应用户的输入，例如使所有的内容都
可以搜索，或者允许高级用户（如课程导师）轻
松更新基础数据表。图 1 说明了数据库的多层结
构是如何实现动态的用户体验的，同时也是可适
应的。实际上，**中介软件**将用户的查询转化为对
存储在云中的特定数据和图像的请求，然后转换
到另一个带有用户所需数据的页面。

学生和教师通过使用他们的学术账号登录到
一个定制的网站来访问虚拟标本集的图像和数
据。登录后，学生可以通过点击按分类学层次
或按上课周数排序的列表中的名称，导航到提
供任何分类群信息的页面。学生还可以搜索任
何分类群，直接进入其页面。每个页面，如图
2 中的例子，都提供了至少一张相关鱼类的图
片，以及关于栖息地、营养生态、地理范围、繁
殖、多样性和关键特征的识别信息。该数据库
的生态、地理和形态信息大部分来自《世界
鱼类》第五版（Nelson 等人，2016 年），我
们感谢这些作者慷慨地批准了我们对他们的研
究成果细节进行了广泛的转述。我们在开始开
发数据库时用的是当时最新的分类系统，
Betancur-R 等人（2013）。

Sidlauskas, BL, MD Burns, TJ Buser, N Harper, and M Kindred. 2021. Teaching Ichthyology Online with a Virtual Specimen Collection. *Ichthyology & Herpetology* 109(2), 407-423. The original text can be found at <https://doi.org/10.1643/t2020031>. Shared with permission from M. Sabaj, Secretary of the American Society of Ichthyologists and Herpetologists

页面是按生物分类系统来组织的，那些高于物种的分类级别的页面会自动从它们的子页面汇集图像，例如鲑鱼科（与俄勒冈州特别有关的一个科）的页面从十几个物种中提取照片。每张图片都有自己独特的 URL，可以方便地链接到外部网页或嵌入到课程管理（如 Canvas 或 Blackboard）的任何组件中。这个链接没有直接引用标本的标识，这意味着学生不能仅仅通过右键点击图片来确定描述的是哪个物种。由于这些图像不能通过网络爬虫访问，意味着反向图像搜索也不能显示正确的识别。该数据库还包括一组只有课程设计者和教员才能看到的隐藏图像。这些是为在线实践考试准备的，可以测试学生识别他们对陌生物种标本或学过的高级分类群的能力。

数据库建设--从学生的角度来看，上述简单的用户界面（UI）可能是数据库设计中最重要特征，最初的开发过程大都集中在为学生创造简单的方法来定位和浏览信息。然而，数据库基本结构更大的重要性在于确保资源的寿命和有效的可扩展性。一个灵活的关系型数据库和编程配置可以促进持续的改进，就像一个使用成熟的信息技术（IT）系统和通用技能组合的架构一样。如果设计者构建数据库时已知性能可靠的技术、简单的安装和维护程序、和用途广泛的技术来，那么未来的开发者就更有可能接手并继续原来的工作，特别是在原来的设计者已经转到一个新职位的情况下。而事实上，我们最初的设计者（作者名单中的 MK）已经有了新的工作，不再直接负责数据库的升级了。

在今天的技术领域，有几个强大消费级的关系数据库，如 PostgreSQL、MariaDB 和 MySQL，可以满足上述要求。结合通用的脚本语言（如 Perl 或 PHP），其中任何一种都可以产生一个软件产品，几乎可以托管在任何服务器上，并由任何具有标准网站开发技能的开发人员维护。在这个虚拟标本采集中，我们选择了 MySQL 数据库和 PHP 脚本语言，因为编程小组的几个成员在这些平台上有经验，而且已经有一些类似的现有源代码可以使用。这些代码使我们很容易开始审查和测试初始版本。

一个网站的效率部分来自于为其提供动力的数据之间的链接的设计。为了在数据模型中构建

灵活性，我们在将每块内容保存到数据库时对其进行了概括，并指定了识别数据点，将信息放入网站的适当位置。例如，来自分类层次的所有级别的数据都被保存在同一个表中，一个索引列可以识别数据是否对应于科、属、种或任何其他分类层次。每个生物描述词（大小范围、繁殖方式、地理范围、诊断特征等）都有自己的索引表。

鱼类学家经常发现有关鱼类生物学和鱼类关系的新信息，它们的分类也经常变化。因此，线上收藏馆的长期成功取决于指导员轻松更新信息的能力。为了帮助内容管理，开发商制作了一个内容清单界面，允许指导员可以审查上传的数据，查看任何分类群的图像，并验证基本细节是否被保存。该界面可以快速过滤和分类目录。点击“编辑”图标会出现任何分类群的内容管理屏幕，教员可以输入新数据或更新现有信息。通过改变任何给定分类群的“父类”，例如将一个科从一个顺序转移到另一个顺序，可以很容易地做出调整。新的分类群也可以通过简单的点击添加到数据库中，这样就会出现一个空白的数据表格供教师填写。教员可以通过一个简单的网络界面将照片上传到课程数据库中的任何分类群，并将其与摄影者的信息、视图、标本的目录号和图片的版权信息联系起来。



Fig. 3. The species page for *Psychocheilus oregonensis* from the virtual specimen collection, including links to lateral views of alcohol-preserved specimens, a closeup of the gill rakers, and cleared and stained material. Clicking on any image pulls up a full-size version and some accompanying metadata, such as the species identification and the specimen's catalog number. Scrolling down reveals more textual information. (Credit: B. Sidlauskas).

二维成像--为了生成大量的二维照片以填充虚拟收藏，我们遵循 Sabaj Perez (2009) 的图像库协议，在 Adobe Photoshop 中进行后期处理，将每个标本放在纯黑色背景上，并添加一个比例条。由于标本的大小差异很大，我们与

Sidlauskas, BL, MD Burns, TJ Buser, N Harper, and M Kindred. 2021. Teaching Ichthyology Online with a Virtual Specimen Collection. *Ichthyology & Herpetology* 109(2), 407-423. The original text can be found at <https://doi.org/10.1643/t2020031>. Shared with permission from M. Sabaj, Secretary of the American Society of Ichthyologists and Herpetologists



Fig. 3. The photography room at the Oregon State Ichthyology Collection, including photo tanks, LED arrays, camera, and tripod. (Credit: B. Sidlauskas)



Fig. 4. Paired lateral and ventral views of a Pacific Spiny Lumpfisher specimen (*Eumicrostremus orbis*, 0268723). (Credit: K. Knight)

当地的一家玻璃公司签订合同，建造各种尺寸的浸泡槽。每一个浸泡槽都包括一块 Starphire 玻璃，这是一种低铁材料，通常用于店面和展示柜，但也为摄影提供了高光学清晰度。照明包括环境光和两个独立的 LED 阵列，可以随意摆放（图 3）。我们使用了一台尼康 D90 数码单反相机和一个 60 毫米的微距镜头，放在三脚架上，尽管任何现代相机的镜头都可以进行近距离对焦。大多数图像是在低 ISO（如 200）下拍摄的，以减少每张图像中的「颗粒」大小，并使用相对较高的 F 档（通常是 16 或 18），以允许足够的景深。这些相机设置分别降低了图像检测器的灵敏度和通过检测器的光量，因此即使有补充照明，也通常需要较长的曝光时间（长达数秒）。

该数据库强调侧视图，但它也包括特写或额外的视图，如果这些视图对正确识别至关重要。因此，胭脂鱼的标本包括嘴和嘴唇的视图；又比如虾虎科、圆鳍鱼科和一些类似的科，如鳎科的成员包括腹视图来显示有无特征性的合并的骨盆鳍（图 4）。为了在相对较短的时间内制作许多图像，我们招募了近十名本科生摄影师的帮助，并制定了工作流程来指挥他们的工作。

三维表面扫描--虽然二维图像可以传达大量的信息，但它们会掩盖标本的真实形状，并降低关键辨别线索的可见度。（比如嘴的位置以及刺、倒钩和鳞片的存在等特征。）为了改善这种解剖学

特征的可见度，并更好地说明鱼类形状的多样性，我们开始试验用结构光扫描器。我们最终选择了一台 Artec Spider 而不是主流的选择 (DAVID) 因为前者的速度更快，更准确，而且不需要仔细的校准。用 DAVID 扫描仪扫描每个标本通常需要几个小时，而 Artec Spider 可以在短短几分钟内扫描一个简单的标本，如鲤鱼或蝴蝶鱼。用于后期制作的计算机的规格与游戏机的典型规格相似，有一个高端显卡 (NVIDIA GeForce GTX 1080, 8GB 专用内存, 10GB)，快速的 CPU (Intel i7-6800K @3.4 GHz, 6 个处理核心)，以及 64GB 内存。与大多数计算任务一样，更快的处理器 (更高的 GHz) 和更多的内存将转化为更好的性能。输出的文件非常大，因此我们定期通过 Box 将文件转移到远程存储。我们在 SketchFab (<https://sketchfab.com/osuecampus/models>) 上托管完成的模型，因为该平台对学术机构来说成本相对较低，而且该网站自动生成 html 代码，可以轻松将每个模型插入其他应用程序。图 5 说明了指导标本通过扫描、后期制作和最终上传的工作流程。

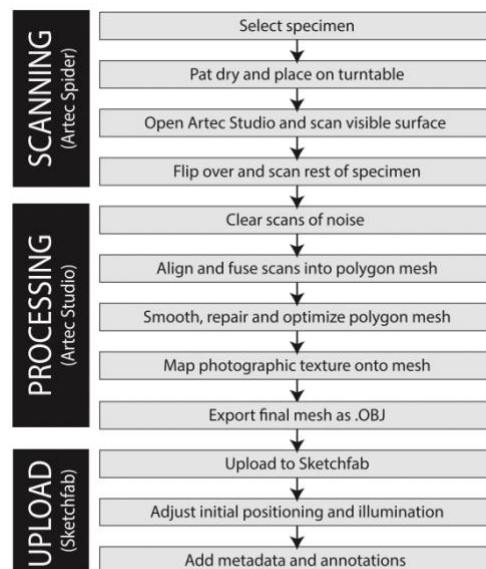


Fig. 5. Three-dimensional surface-scanning workflow. (Credit: N. Harper).

课堂部署概述--学生在整个在线课程中与虚拟化标本的图像和三维模型互动，事实上，大多数活动和评估都以一种形式借鉴了虚拟收藏。标本在虚拟的实验室和课堂上发挥着最重要的作用，但它们也为讨论板、录制好的讲座、记忆卡片和线上的考察旅行中提供了支援。

虚拟实验室--在所有课程内容中，虚拟标本采集与每周的实验室结合得最为彻底。每一个虚拟实验

Sidlauskas, BL, MD Burns, TJ Buser, N Harper, and M Kindred. 2021. Teaching Ichthyology Online with a Virtual Specimen Collection. *Ichthyology & Herpetology* 109(2), 407-423. The original text can be found at <https://doi.org/10.1643/t2020031>. Shared with permission from M. Sabaj, Secretary of the American Society of Ichthyologists and Herpetologists

室都为学生提供了一系列的虚拟站点，要求他们观察、比较、描述、绘制或假设图片中的物种和标本的形态。例如，介绍海鲫科的实验里（俄勒冈州海岸外的一个多样化的常见家族）要求学生画出并标出四个不同物种的背鳍形态来辅助他们确认物种。一个类似的站点则引导学生比较尾楔形状、鳍的位置、嘴的大小和嘴的方向，以区分四个经常混淆的鲤鱼物种。重要的是，问题提示提供了支架，通过告诉学生要比较什么特征，而不是直接告诉学生他们的差异是什么。一项荟萃分析（Alfieri 等人，2011年）表明，这种“强化发现”的教学模式比明确的教学（讲授）或阿加西对沙勒的挑战所体现的无协助的发现方法更能帮助学生。

通过绘制和标记他们的观察结果（图6），学生们还制作了学习指南，他们可以在模拟考试中使用，并通过扫描或拍摄他们的笔记并每周上传来获得分数，从而提升最终成绩。教员根据观察的整体清晰度、彻底性和准确性来评分，而不是根据艺术价值或推理问题的正确性。例如，一些站点要求学生推断他们所观察到的形态的功能，如锯鳐的喙，一些雄性海鲫科的肛鳍上的喷嘴，或巨口鱼科的触须。对此类问题的回答即使在生物学上不正确，也可以获得全额学分，只要它们是由清晰和一致的推理产生的。在每个实验练习到期后，教师也会公布练习题的答案并对学生应该更正的内容作出反馈。因此，练习题提供了一个低风险的评估机会，教师可以在学生需要在实际考试中证明他们的掌握程度之前，抓住一般的理解问题并提供个别反馈。增强型发现教学的成功取决于这种反馈（Alfieri 等人，2011）。

讨论板--在线下课程中，学生以两人或三人一组的方式完成实验练习题，从而享有互相学习的机会。这种互动通常是学生成功的关键，因为它创造了一个非正式的同伴支持小组，但在网络环境中很难复制，因为课程是异步的，学生往往从不同的时区参与。为了通过学生与学生之间的在线互动帮助促进同伴教学，我们通过每周的讨论板实施了“思考-配对-分享”（Lyman, 1987）技术，要求学生单独思考一个主题并与同学分享想法。这些板块中的许多内容都借鉴了虚拟收藏品中的标本。例如，每周我们用一张照片或一个新介绍的陌生鱼类的模型来激发关于诊断形态的讨论。学生们猜测它的身份并用发现的特征证明他们的

猜测。其他学生对鉴定结果进行评论，并讨论其他可被比较的特征。然后，拥有正确答案的学生辨认的学生张贴另一条鱼的图像，让下一个学生辨认。这些讨论大多是由学生主导的，教师很少打断，允许每个学生在一个低压力、同伴驱动的环境中自由探索他们对鱼类特征的认识。虽然这些帖子不能完全替代与实验伙伴一起工作的经验，但它们确实使课堂感觉不那么孤立，对于十分投入的学生来说，它们提供了一种与其他学生合作的方式，以实现课程材料更深入的背景和理解。

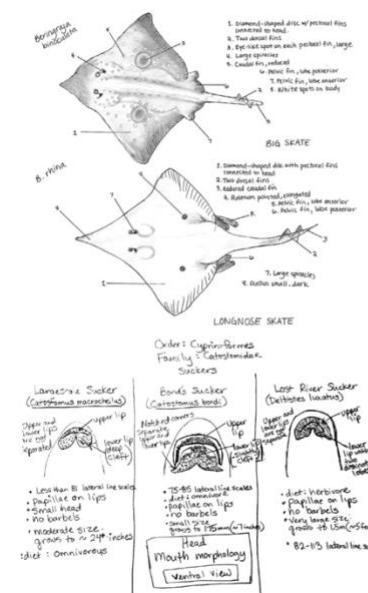


Fig. 6. Examples of worksheet pages completed by students in the online version of FW316. Systematics of Fishes. Drawings © 2020 K. Webber (upper panels) and © 2020 T. Chapman (lower panels), used with permission of their creators.

虚拟实地考察--参加线下鱼类系统学课程的学生经常提到，两次课堂实地考察是他们最喜欢和最有效的课程内容之一。其中一个（在俄勒冈州海岸水族馆进行的分类学寻宝游戏）很容易转化为远程授课：学生只需访问他们所在地区的水族馆，或者宠物店或鱼市场。随着冠状病毒的发生和这些设施的关闭，蒙特雷湾水族馆、乔治亚水族馆和其他地方的网络摄像头让这项活动完全迁移到了网上。在俄勒冈州立大学附近的各种水生栖息地的鱼类采集之旅在网上课程开发期间提供了更大的挑战。

我们在处理这项工作时，了解到现场采集经验的一些要素不可能在网上复制。特别是，作为课程的一部分，网上学生没有合理的方法来捕捉和安乐死活鱼。有许多伦理和法律方面的障碍，禁止 IACUC 批准这样的在线活动，因为课堂上的导师没有办法直接监督学生。相反，我们向学生提供了如何执行这些步骤的说明，

Sidlauskas, BL, MD Burns, TJ Buser, N Harper, and M Kindred. 2021. Teaching Ichthyology Online with a Virtual Specimen Collection. *Ichthyology & Herpetology* 109(2), 407-423. The original text can be found at <https://doi.org/10.1643/t2020031>. Shared with permission from M. Sabaj, Secretary of the American Society of Ichthyologists and Herpetologists

人们捕捉鱼类的视频，捕捉地点的照片，以及
在各种栖息地捕捉的鱼类安乐死后的照片。
有了这些可用的工具，线上的学生仍然可以做
很多事情。例如，他们根据自己在照片和视频
中对栖息地的看法，练习填写现场笔记，并使
用与线上上课学生相同的资源，练习从照片中
抠出鱼群。一个小组项目挑战学生共同编制在
不同栖息地遇到的物种清单，并比较和对比哪
些物种似乎适合于快速流动的水和缓慢或停滞
的水。网上的学生甚至练习取组织样本，尽管
不幸的是，不是在真正的鱼类身上。相反，我
们要求他们在五颜六色的糖果上练习，假装这
些是“*Suecichthys*”属的标本，最近从它们在瑞典
的原产地引入美国。学生们准备好组织标签，
从标本的右侧切下样本，拍摄凭证，并将完成
的组织样本和凭证放在有适当标签的容器中。
这虽然不如真正学会用更小的剪刀从小鱼身上
剪下样本，但它让学生们掌握了大部分的方法，
而且它肯定教会了正确标记的重要性，我们
认为这是更重要的技能。

讲座--尽管许多在线学习在学生能够在实验
室、讨论和实地考察中与材料直接互动时效果
最好，但讲座仍然可以帮助理解。讲座简明扼
要地传达信息，为学生提供实验练习和讨论的
背景，并让他们从课程互动中验证自己对课程
的理解。讲座也有助于传达设计师的个性和对
课程的兴奋。当与欢迎和鼓励的信息以及个人
参与讨论相搭配时，讲座可以帮助在线学习者
减少与导师的脱节感（Dolan 等人，2017）。
由于这些原因，我们确实在这两门在线课程中
使用了讲座。有几种不同的技术帮助我们向远
在俄勒冈州的日本、关岛和阿富汗等地的学
生进行讲课。最常见的是，我们使用
Adobe Presenter 或 Camtasia 来叙述一系列的
PowerPoint 幻灯片。Adobe Presenter 是一个略
显老旧的软件，其功能是一个 PowerPoint 插
件。它有一些很好的功能，例如能够在演示文
稿中设置点击式的学生回答问题，或者在演示
文稿需要编辑时只重新录制一张幻灯片的叙
述。Camtasia 也可以作为一个 PowerPoint 插
件，但作为一个屏幕广播解决方案，它的功能
更有效，而且当演示者想在录制过程中在
Power-Point 和另一个程序之间切换时特别有
用。Camtasia 也有一套强大的功能，可以在讲

座期间在屏幕上绘图，这确实有助于学生对课
件里的某个元素划重点，因为人们不能简单地
用手指向屏幕。虽然我们的大部分讲座最初是
用 Presenter 录制的，但我们正在向 Camtasia 转
变来进行新的创作。

在构建在线讲座时，我们最终意识到，
PowerPoint 幻灯片有时不能以学生容易理解的
方式传达信息。信息密度太大，学生不知道该
把注意力放在哪里，而且一般来说，当幻灯片
是主要的传递方式时，信息保留率似乎很低。
最近，我们发现用一种叫做 lightboard 的工具来
复制更传统的粉笔加黑板的教学方式会取得更
大的成功（Birdwell 和 Peshkin，2015；
Skibinski 等人，2015）。这种设备以非常简
单的结构取得了显著的效果。讲师站在一块大
的高清晰度（低铁）玻璃后面，就像我们在摄影
箱中使用的一样，在一个黑色的窗帘前面，同
时面对一个数码摄像机。他们一边讲述一边用
彩色记号笔在玻璃上写字和画草图。在后期处
理过程中，图像被从左到右颠倒过来，这意味
着学生将以正确的方向看到成品图像。颜色也
可以加强，并在后期制作中加快绘画过程。

闪卡--尽管虚拟标本集的存在对实现平等访问有
很大帮助，但学生仍然受益于如何有效使用该资源
的指导。为了给在线学习提供一些支架，我们创
建了一个抽认卡模块，从班级数据库中随机抽取
图片，并自动生成关于正确识别的多项选择题。
在线抽认卡模块的目的是模仿面对面校园课程中
的学生所采用的非正式的同伴学习技术，他们在
物种识别方面相互问答。

考试--每场实践考试向学生展示 20 个虚拟站点，
展示一种或多种鱼类，并提出一系列关于其识
别、自然史、关系、生物地理学或保护的问题。
考试强调鱼类识别（渔业专业人员的一项关键技
能），许多站点的问题与之前每周练习题类似。
许多站点还提出了一个问题，强调在每周的实
验中绘制的标本之外的标本之间的比较和联系。
例如，一个站点可能会展示 *Pomoxis annularis*（白
鲳）、*Acipenser transmontanus*（白鲟）和
Prosopium williamsoni（山白鱼），并要求学生找
出连接所有物种的英文通用名称的线索，并说出
遵循该模式的另一个物种（例如白鲟）。其他问
题可能会要求学生选择展示的标本中与其他标本

Sidlauskas, BL, MD Burns, TJ Buser, N Harper, and M Kindred. 2021. Teaching Ichthyology Online with a Virtual Specimen Collection. *Ichthyology & Herpetology* 109(2), 407-423. The original text can be found at <https://doi.org/10.1643/t2020031>. Shared with permission from M. Sabaj, Secretary of the American Society of Ichthyologists and Herpetologists

最不相同的食物习性，挑选出在实地考察中遇到的所有标本，列出所有拥有环状鳞片的标本，确定一种陌生鱼类所属的顺序，或者说出包含所有展示的标本的最不包容的群体中的一种同源现象。这类问题要求学生展示他们应用比较法的能力，并回答需要信息综合的问题，而不是简单重复他们笔记中的答案。为了让学生专注于理解信息片段之间的关系，而不是死记硬背诊断和名称，考试是完全开放的，但时间很紧，学生仍然需要事先研究和组织他们的笔记。

结果

标本选择、二维扫描和数据库--在写这篇文章时，线上收藏包含了 1000 多张平面图片，涵盖了 200 多个属中的大约 300 个物种，图 7 是其中的一个代表性样本。我们定期添加更多的图像，优先考虑学生们认为具有挑战性的分类群的识别或可视化的标本。由于并非所有的本科生助理都有鱼类学或摄影的经验，我们发现课程导师最适合选择条件最好的标本，或诊断特征最明显的标本。即使有最佳的标本，学生在摄影方面的熟练程度的差异也导致了图像质量的差异。照片最常见的问题包括失焦、曝光不足、标本只占视野的一小部分、或鳍部折叠在身体上。小型的诊断形态的照片最容易失焦，可能是由于学生对关键结构的熟悉程度不同。后期制作中最常见的问题是在将每个标本放在统一的黑色背景上的过程中，删除了整个鳍或鳍的一部分，或遗漏了比例条。明确的工作流程，包括图片示例、诊断功能的针脚和每个步骤的截图，可以减少这种错误。但即使有这样的资源，错误仍然发生。例如图 7 的比例尺的多样性，这是由工作流程中一个不准确步骤造成的。指导员的审查是质量控制的一个重要步骤，在上传数据库之前过滤掉更严重的错误，并在必要时将标本送回助手那里再试一次。

三维扫描--在写这篇文章的时候，我们已经完成了几乎同样多的物种的大约 50 个标本的扫描。许多来自 Artec Spider 的最终扫描结果漂亮地表现了原始标本，并为学生提供了可以自由旋转和缩放的 3D 模型（图 8，见补充视频；见数据可及性）。不幸的是，制作和处理这种扫描所需的设备并不便宜。在折扣和辅助设备尘埃落定后，我们在 Artec Spider 上花费了大约 23,000 美元，另外 3000 美元则用于购买后期处理软件的工作站。除

非一个人手上已经有一台强大的电脑，否则工作站是一个不可避免的费用。无论选择哪种扫描仪，模型制作都需要大量的后期处理，以清洁、对齐和融合多个标本的扫描结果。数据使用者还应该记住，存储大量项目文件需要数百 GB 的存储空间。我们最终使用俄勒冈州立大学的 Box 订阅来存储和分享这些大文件，但在确定这个工作流程之前，我们还补充了几个教程。

对于外表坚硬的标本，后期处理是相当简单的，因为软件可以很容易地检测和对齐物理标志。软体或非坚硬的标本带来了更多的挑战，因为它们扫描过程中经常会轻微移动，因此迫使软件移动所得到的数据以对齐扫描。这是以时间为代价的，非坚硬标本需要花费更多时间来处理。经过练习和完善了这项技术后，我们可以在大约一个小时内完成扫描和处理许多鱼类标本，其中大约 80% 的时间是在后处理过程中等待软件。处理更困难的标本，如大的个体（鲟鱼类、鲟鱼类），软的标本（胸鳍鱼类、双鱼类），或有薄鳍或丝状突起的标本（硅鱼类、翼鱼类），可能需要长达 3 小时。丝状鱼类和大多数棱角状和凹陷状物种是难以捉摸的，因为当标本被翻转过来时，它们的形状变化太大，无法对腹面进行扫描。目前一代的扫描软件无法对准和融合这种细长而灵活的标本的背面和腹面。也就是说，用另一台 Artec 扫描仪（Leo）和新版本的扫描软件进行的初步试验表明，这种扫描仪可能能够处理这些物种。有些标本的光学特性会干扰扫描仪构建其模型所需的反射光。例如，高透明度的标本（玻甲鱼属，一些裸背电鳗）让大部分光线通过，而黑色标本（许多安康鱼）吸收所有的光线。高反射率的标本（海洋斧头鱼，如 *Argyropelecus*）反

Sidlauskas, BL, MD Burns, TJ Buser, N Harper, and M Kindred. 2021. Teaching Ichthyology Online with a Virtual Specimen Collection. *Ichthyology & Herpetology* 109(2), 407-423. The original text can be found at <https://doi.org/10.1643/t2020031>. Shared with permission from M. Sabaj, Secretary of the American Society of Ichthyologists and Herpetologists



Fig. 7. Two-dimensional images from the virtual specimen collection. Species and specimens pictured: *Cymatogaster aggregata* (055910), *Dendrochirus* sp. (05 teaching collection), *Lepomis macrochirus* (0518438), *Oncorhynchus tshawytscha* (0516945), *Parachanna octolineata* (05898), *Hydrophilus collieri* (051942), *Parachanna octolineata* (0517965), *Catostomus commersoni* (0516985), and *Lepomis microlophus* (05 teaching collection). (Credit: M. Burns, K. Knight, and M. Vazquez).

弹了太多的光线，一旦扫描仪的视角发生变化，就会使其混淆。用不透明的中性色粉末（如白巫粉）涂抹标本（Mathys 等人，2015 年），或采用摄影测量的替代数字化技术（Mathys 等人，2019 年），可能为这些棘手标本的数码化提供可行的途径。

讲座---也许是因为这种技术迫使教员放慢速度，或是因为它促使学生在跟随视频的同时创造自己的图画，光板演示似乎增强了对课程中最具挑战性的材料的理解。例如，传达硬骨鱼骨的结构已被证明是一个持续的挑战，尽管我们构建了一个我们认为是清晰的，逐步建立了一个头骨的图解版本，并将其搭配在一起的 PowerPoint 动画并搭配上让学生给三文鱼头骨配色的活动。我们最近将该讲座转换为灯光版格式（可在 <https://perma.cc/MQ47-EGUH>），随后收到一些学生的更多的正面反馈和更少的解答请求。鉴于这一令人鼓舞的结果，我们还构建了一个灯光版视频，更新了我们对颌骨起源的介绍（图 9 中的静止镜头，完整视频 <https://perma.cc/BY3R-Y7UC>），以展现近期生物比较上的最新进展（Kuratani, 2012; Oisi 等人，2013）。在使用灯光板或 PPT 构建在线讲座时，教员应努力使讲座尽可能简短，对于可能在移动设备上观看的讲座，最佳长度可能是 5 分钟（Thomson 等人，2014）。虽然像 YouTube 短片那样简短的讲座在大多数课堂环境中可能并不可行，但保持每节课视频长度应在 15 分钟以内，最好在 10 分钟以内有很大的价值。一般人很难集

中注意力在一个非交互式视频上超过这个时间，因为信息疲劳很快就会出现。这些时间看起来很短，但是因为讲是在没有现场观众的情况下录制的，所以没有学生可能提问的自然停顿，也没有教师查阅他们的笔记。我们发现，预先录制的讲座在大约一半的时间内涵盖了与现场讲座相同的材料，特别是如果教师为讲座编写脚本的话。编写脚本使讲座看起来更加精炼，并大大方便了闭路字幕或翻译成其他语言。将讲座分成较小的、容易消化的部分，也使学生在以后的学习过程中容易找到信息，并在准备考试时复习最具挑战性的部分。

考试--事实证明，将实践考试转化为在线形式很简单，但很耗时。最大的挑战在于制作足够多的图像，使考试能够显示学生在每周的实验中以及在虚拟标本采集中面向学生的部分所看到的标本以外的标本。说实话，我们最终还是重复使用了一些图像，并建立了专门用于考试的标本集。这一挑战在三维扫描方面最为突出，因为每一次扫描都代表了几个小时的工作。即便如此，我们已经开始将这些扫描整合到考试中。事实证明，在不向学生提供正确的物种鉴定的主要线索的情况下，生成突出关键诊断特征的二维测试图像，也是一种挑战。参加面授课程的学生必须学会哪些诊断特征可以区分表面上相似的分类群，例如知道（在没有教师提示的情况下）检查骨盆鳍的融合，以确定测试标本属于戈壁科还是布兰尼科。这种类型的问题可能很难用二维图像来复制，因为腹鳍的额外照片的存在提供了关于正确识别的主要线索。我们试图通过拍摄每个标本的多个角度和图像来弥补这一缺陷，无论图像是否突出了诊断特征，但事实证明这一努力过于耗时，我们放弃了。纳入更多的三维模型有可能创造一种更接近于面对面的测试经验。

有趣的是，到目前为止，我们用 3D 标本进行测试的最大成功发生在以生物学为重点的鱼类学班，而不是以分类学为重点的鱼类系统学班。三维扫描大大增强了处理运动和功能形态学的单元，该单元强调不同的身体计划如何使鱼类适应不同的游泳和捕食方式。本单元的考试包括一道多部分的简答题，将两种游泳方式截然不同的鱼类并列在一起，如鲫鱼和鳕鱼，或 *Esox* 和 *Chaetodon*。该问题要求学生比较和对比这两个物

Sidlauskas, BL, MD Burns, TJ Buser, N Harper, and M Kindred. 2021. Teaching Ichthyology Online with a Virtual Specimen Collection. *Ichthyology & Herpetology* 109(2), 407-423. The original text can be found at <https://doi.org/10.1643/t2020031>. Shared with permission from M. Sabaj, Secretary of the American Society of Ichthyologists and Herpetologists

种可能的运动方式，解释它们的身体形态如何适应应该运动模式，并假设每个物种可能的饮食。与平面图像相比，三维模型极大地提高了学生对充分回答问题所需的形态学方面的可视化能力，如身体的表面积，横截面积以及尺寸，和鳍的形状和位置。这个问题的好处在于，它挑战学生将知识应用于讲座中讨论的例子之外，而且教师可以通过将其中一个模型换成另一个模型来定期刷新它。随着 Course Hero、Kloofers 和 Quizlet 等网站的兴起，这种更新变得十分必要。虽然这些网站表面上为学生提供了一个分享讲义和学习指南的地方，但实际上它们充斥着旧考试的副本，通常还带有答案。虽然我们定期扫描这些网站上的此类材料，并在发现时要求删除，但在这场比赛中，我们总是比学生至少晚一步。



Fig. 8. Still images of 3D models for *Leptogaster Rumbil* (2017347) and *Chondrin Rumbil* (205698). See the supplementary videos for examples of these and other models being manipulated in three dimensions (see Data Accessibility). (Credit: L. Carr, N. Harper, and M. Leppin).

讨论

成功与挑战--俄勒冈州立大学的面授学生和在线学生现在都可以使用虚拟标本集，科瓦利斯校区的学生主要将虚拟标本作为课后学习的辅助工具，而在线学生则在实验、讨论和实际考试中专门用到虚拟标本集。尽管数据库还有很大的扩展空间，而且链接的课程也有待加强，但线上课程在教育领域填补了一个无人问津的空白。虚拟化使基于标本的学习向未得到充分服务的学生群体开放。由于这种虚拟化，在俄勒冈州农村养家糊口的学生、驻扎在海外的学生、受雇于阿拉斯加的渔业观察员、或在那些放弃了生物体生物学课程的大学就读的学生仍然可以学习鱼类学、鱼类识别、系统发育学、形态学和比较法等。包括野外工作的模拟，减少了原本无法参与类似活动的学生的障碍，如那些有行动障碍的学生（Giles 等人，2020）。即使是在 Corvallis 校区

就读的学生，通常也能在预定的实验室课程中接触到实物标本，因为虚拟收集在任何时候都可以使用，即使是在全球大大流感期间。

人们可能会合理地问，上线上或线下课程学生的成功会不会不同。唉，这里的统计比较是不可能的，因为在没有这些学生明确同意的情况下，使用他们的学习成果做数据比较是被禁止的。我们只能说，这两门课程的在线和面授版本都有学生提交了令人印象深刻的考卷，对讨论和论文观点作出了有力的回应，对虚拟实验室作业提交了详细和准确的练习题，并对他们的经验提供了积极的反馈。显然，从这两个版本的课程中可以学到很多东西。

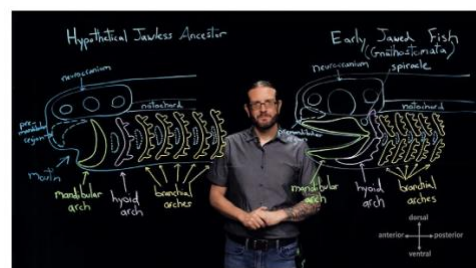


Fig. 9. Image capture from a lightboard presentation in the online version of FW315, Ichthyology. (Credit: B. Sidlauskas).

尽管取得了这些成就，承认在线体验的局限性也很重要，特别是那些源于不完全虚拟化的局限性。尽管在班级数据库的基础上进行了数千小时的工作，但在线学生可用的标本总数仍比面授学生的标本少得多。有机会接触到实物标本的学生还可以在实验和考试中实际操作标本，比如打开嘴来检查脂鲤动物的牙齿，或者沿着从生动物的腹腔摸索出明显的鳞片。三维扫描能比静态扫描更好地复制这类体验，然而还是做不到完全弥足和真标本之前的不足。例如，我们从华盛顿大学的亚当-萨默斯（Adam Summers）使用的类似方法中得到灵感，引入了“神秘盒子”的概念，作为一个异想天开的奖励问题。学生们将手伸进盒子里（一个巨大的纸糊的安康鱼），试图只用他们的触觉来识别其中的标本。至少在虚拟现实技术再次取得巨大飞跃之前，这种令人难忘的体验仍将是在线学生所不能企及的。

课程版本在与教师接触的便利性方面也有不同。在面对面的实验课程中，教师和助教可以很容易地在学生中传阅，实时提供建议和友好的纠正。他们也可以很容易地把有困难的学生拉到

Sidlauskas, BL, MD Burns, TJ Buser, N Harper, and M Kindred. 2021. Teaching Ichthyology Online with a Virtual Specimen Collection. *Ichthyology & Herpetology* 109(2), 407-423. The original text can be found at <https://doi.org/10.1643/t2020031>. Shared with permission from M. Sabaj, Secretary of the American Society of Ichthyologists and Herpetologists

一边进行鼓励和额外的帮助，我们的经验表明，这些非正式的互动可以极大地提高学生的士气和成绩。尽管我们通过讨论区的评论、电子邮件和视频信息向学生提供反馈，但在线形式的异步性妨碍了这种互动。我们正在研究几种可能的方案，以进一步指导学生的学习，例如使用技能树的形式将学习策略游戏化，或者将题库自动化。

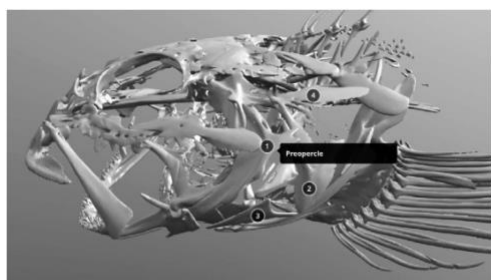


Fig. 10. Annotated skull model of *Artedius lateralis* (OS6720) from CT scan data collected at the Karel F. Liem Imaging Facility at Friday Harbor, Washington. See the supplementary videos to view this model in motion (see Data Accessibility). (Credit: T. Buser and A. Summers).

未来的方向--在未来的几年里，我们设想对该课程及其数据库进行一些扩展，以提高学生的成功率或允许更多的课程使用该资源。其中最重要的是与最近在 Morphosource 网站上出现的大量 CT 扫描标本进行更大的整合 (Boyer 等人, 2016; <https://perma.cc/K4SY-7T2U>)。该资源在撰写本文时容纳并公开了数以千计的标本的 CT 扫描数据，包括约 3000 个鱼类标本、约 2000 个爬行动物标本和约 1000 个两栖动物标本。目前鱼类系统学班的几个实验室使用清除和染色标本的图像进行骨骼解剖教学。事实证明，在不能操作骨骼标本的情况下，指导这些部分具有挑战性。例如，如果不旋转鱼体或拉开下巴，就很难展示鲤鱼鳃部的位置和功能。这个问题的一个潜在解决方案是构建虚拟解剖模型，供学生在线解剖、操作和探索 (见 Manzano 等人, 2015)。对于那些没有办法参与标本解剖的远程教育学生来说，虚拟解剖或操作标本的机会将提供一种探索性学习的机会，我们很多人认为这是理所当然的，但很难在网上复制。虽然这种虚拟经验不能完全取代现实世界的经验，但它们确实提供了重复能力 (虚拟标本永远不会因解剖而损坏)、低成本以及能包括广泛分类的标本等好处。标记的模型可以与 XROMM 视频配对，让学生了解解剖学在生物体内的功能 (Brainerd 等人, 2010; Gidmark 等人, 2012)。未来直接将三维标本模型 (无论是表面

扫描还是基于 CT 的) 添加到虚拟收藏中是网站拓展的一个例子，而这一扩展将通过数据库架构的灵活性来实现。该模型已经准备好存储数字的实际元数据模型。在插入一个新的标识符以表示 "3D 模型" 的内容类型之后，这些记录可以被索引为与模型相关的信息 (如链接到一个嵌入式查看器的 URL)。另外，如果我们决定将每个数字三维模型本身存储在与网站相同的基础设施中，就有可能设计出一个合适的存储架构来容纳大量的数据文件。增加一个简单的 "查看三维标本" 的链接可以将三维浏览整合到现有的用户界面中。我们期待着整合后的 3D 查看器带来的功能，并期待着一旦数据库的这些新元素到位，学生的主动学习机会将得到改善。例如，我们将能够并列显示模型，同时显示同一物种的二维和三维版本，或者允许在不同版本之间切换注释 (标签)。后一种功能将允许教师使用同一个模型进行教学，并测试对术语的理解，只需将带有解释的标签组与编号列表进行交换。与课程数据库更紧密的整合也将有助于为课程的每一周自动创建线上学习卡片和学习指南，或将模型轻松地分类到分类学的界面中。

与线上和校内学生的非正式交谈中我们得知许多学生大量使用学习卡片。虽然目前的模块可以帮助学生练习识别技能，但它缺乏复制需要进行标本比较的试题的能力。因此，我们正在计划未来在这一领域的发展，例如创建一个可以自动创建带有比较的问题的模块。例如，这样的模块可以从数据库中随机抽取三种鱼类，并询问哪两种鱼类的关系最密切，哪种鱼类居住在海洋环境中，或者哪种鱼类拥有韦伯式器官。这样的问题将与实际考试中可能出现的问题密切相关，并帮助学生在比如，第一次问到狼鳗和狮子鱼的问题时，更好地作答。

3D 打印的精确模型也可以加强解剖学和进化的教学。以放大比例打印的结构为学生提供了研究微小结构的宏观帮助，并补充了完全依赖显微镜的练习。例如，我们系的一个小组使用打印的模型来训练本科生识别猫头鹰粪粒中的蝶螈肢体骨骼。有机会使用 3D 打印机的线上生 (自己或通过公共图书馆) 可以为自己打印解剖模型，但即使没有创建实物，数字模型也可以用与实物标本相同的方式用于教学。例如，大卫-布莱克本在佛罗里达大学的实验室维护着一个 Sketchfab 网站，

Sidlauskas, BL, MD Burns, TJ Buser, N Harper, and M Kindred. 2021. Teaching Ichthyology Online with a Virtual Specimen Collection. *Ichthyology & Herpetology* 109(2), 407-423. The original text can be found at <https://doi.org/10.1643/t2020031>. Shared with permission from M. Sabaj, Secretary of the American Society of Ichthyologists and Herpetologists

其中有一个虚拟的爬虫学收藏品（由 Rachel Keefe 策划， <https://skfb.ly/6FXvV>），以及几种洞穴蛙的软组织和硬组织的重建（例如， *Hemisus guineensis*， <https://skfb.ly/6yJAM>）。

任何有兴趣的课程设计者都可以利用 Morphosource 上已经公开的 CT 数据创建自己的数字教学集，包括在现实世界中极难获得的稀有类群（Gidmark, 2019; Staab, 2019）。许多数据集可作为预制的三维模型

（<http://bit.ly/MeshSource>），还有许多可作为 CT 图像堆栈。从图像堆中构建一个三维模型可以用任何合理的最新的计算机来完成，并且不需要任何金钱成本，使用无数的开源软件能够处理和分析 CT 数据。Buser 等人（2020 年）描述了一个逐步处理 CT 数据的工作流程，只使用开源的、跨平台的程序来创建三维模型和可视化，如图 10 所示，我们用它来帮助学生识别眼球系列的骨骼（也见补充视频；见数据可及性）。使用这样的工作流程，教育者可以为任何有此类 CT 数据的物种的整个骨骼或单个骨骼建模，甚至可以指导学生如何为自己制作模型。

幼体成像是另一个需要扩展的途径，因为目前课堂数据库中的标本几乎都是成体或变形后的幼体。鱼类的幼体当然可以与成体有很大的不同，而目前的课程除了讨论鳞鱼、扁鱼的元形态，以及关于幼体形态和生态学的讲座外，几乎没有别的课捕捉到这种多样性。我们预计在现有的数据库结构中加入幼体图像，这应该可以实现另一个关于幼体识别的在线课程，而不需要从头开始创建一个新的数据库。

数据库结构本身可以从一些修改中受益，特别是在改善物种种类史信息的整合方面。按照目前的结构，数据库准确地捕捉到了分类的层次，但它并没有种类史的信息自然地整合起来。因此，对课程系统发育的改变需要手工编辑任何改变了分类等级或位置的分类群，并重新设计相关的图形。如果我们再从头开始设计，我们可能会将种类史的指示器直接整合到数据库中，最好是有允许教师将节点拖到新的位置并在整个课程中自动更新图形的功能。

最后，对数据库最重要的更新是创建一个开放的版本。目前，该数据库需要证明用户是俄勒冈州立大学的一部分的登录凭证。毕竟大学用课程费用来帮助支付像这样的资源的开发，所以「使

用墙」的存在是可理解的。现在数据库已经可以被使用，我们在探索能够让校外的师生使用它的方法。这样做，我们预计能够大大增加受益的学生和教师的数量，同时争取其他学者和教师的帮助，以扩大数据库的分类范围和图像数量。

关于快速虚拟化的建议--在审查和修改本文期间，冠状病毒大流行爆发了，并引发了一些关于如何快速虚拟化有机体生物学课程的讨论。如果我们当时处于这种情况，我们很可能会依靠已经数字化并在互联网上可用的图像来充实每周的实验内容。为了防止在考试中使用反向图像搜索，我们会把最初的数字化工作集中在考试用的图像上，并避免在网络课程之外公开发布这些图像。我们将把次要工作集中在我们地区常见的范围受限的分类群。例如，鲤形目物种往往有相对狭窄的分布范围，在西北太平洋地区常见的物种与西南、中西部或更东边的物种有很大不同。其他地方的导师可能不会对我们当地的特有物种

（*Oregonichthys crameri*、*Catostomus bondi* 等）进行成像或扫描，而我们所在区域的学生需要学会识别这些分类群，以便在国家机构获得工作。一个很好的例子是 Jessica Arbour 在冠状病毒大流行期间，为支持她在中田纳西州立大学（<https://perma.cc/NQ6U-ZBWU>）的渔业课程而收集的三维表面扫描数据：它是为满足特定课程的直接需求而设计却又重点虚拟化本地数据。它还给其他教师提供了一种资源来使他们自己的课程多样化。事实上，我们已经在我们最近的课程中纳入了她的一些扫描内容。通过合作和资源共享，我们可以改善每个人的教学，避免在下次灾难发生时需要如此急促地赶工。

未来是否完全是虚拟的？在 Snowbird 研讨会演讲之后的讨论中，一位著名的教授提出，我们的方法有可能说服大学完全取消教学收藏。如果别人可以免费提供标本，为什么还要花钱去储存和策划？虽然我们没有能力预测大学管理者的行动，但我们可以肯定地说，这样的决定将是一个严重的错误。尽管以骇人的速度进步的科技使虚拟化成为可能，但目前还不可能完全复制与获取实物标本收藏有关的丰富经验。帮助学生理解脊柱和鳞片类型差异的触觉体验，解剖标本或在显微镜下自由操作标本的能力，甚至充分理解物种之间巨大的尺寸差异的能力，到目前为止都被证明难

Sidlauskas, BL, MD Burns, TJ Buser, N Harper, and M Kindred. 2021. Teaching Ichthyology Online with a Virtual Specimen Collection. *Ichthyology & Herpetology* 109(2), 407-423. The original text can be found at <https://doi.org/10.1643/t2020031>. Shared with permission from M. Sabaj, Secretary of the American Society of Ichthyologists and Herpetologists

以或无法在网上复制。由于对每条鱼进行数字化处理需要付出大量的努力，因此对同一物种内变异的有效展示也被证明是难以实现的。在一个线下实验室里，教师在一个罐子里摆放 50 个标本和摆放一个标本一样轻松，但在网上却没有这么好的结果。50 个虚拟标本意味着需要 50 倍的努力。单是这一点就足够证明没有任何教学藏品的网络呈现模式能够完全取代真实的东西，或者至少在我们写这篇论文的时候，没有任何活着的人能够做到。

尽管虚拟化有其固有的局限性，我们仍然认为这一努力被证明是非常值得的。与其说虚拟馆藏取代了实体馆藏，不如说虚拟馆藏增强了实体馆

藏，并为那些已经证明有能力教给我们很多东西的褐色腌鱼提供了更多呵护他们的理由。它们不仅可以告诉我们无数个关于脊椎动物是如何在我们这个美丽的地球上任何有水的地方都可以茁壮成长的故事，它们还可以教我们如何更仔细地观察，更仔细地比较，以及更深入地思考我们周围的自然规律。这种学习如何思考的过程是 Agassiz 和他的标本给他的学生 Shaler 最大的礼物。虚拟收藏为那些从未享受过这种机会的学生提供了同样的馈赠。与其哀叹这段经历中可能缺少的东西，我们应该记住，一个半满的杯子仍然可以为走在自己发现之旅的学生解渴。

数据及文献出处请查阅原文献。