

我们该使用什么技术来研究海洋生物呢？

Emmanuel Boss^{1*} 和 Sasha J. Kramer²

¹ 缅因大学, 海洋科学学院 (美国, 缅因州, 奥罗诺市)

² 加州大学圣塔芭芭拉分校, 海洋科学交叉学科研究生项目, (美国, 加利福尼亚州, 圣塔芭芭拉市)

少年审稿人

STEVENSON



MIDDLE
SCHOOL

年龄: 12-13

海洋中居住着各种各样的生物, 有大有小。有些生物很小, 比如浮游微生物, 它们依靠光合作用来产生能量。还有一些生物非常庞大, 比如鲸类, 它们以其他微生物和动物为食。海洋覆盖了地球表面近四分之三的面积, 成为这些生物共同的家。海洋科学家们希望了解海洋中到底有多少种生物以及它们的特征是什么。但是, 科学家们面临一个难题: 他们该使用什么样的工具和技术, 才能准确地勘探这些生物和它们的生存环境呢? 在选择海洋生物勘探的工具和技术时, 科学家们必须权衡工具或技术的成本和所能获取的信息。在本文中, 我们将介绍几种科学家们可能会使用的海洋生物勘探方法。例如, 有些科学家会使用网或瓶子来采集海水样本, 并将样本带回船上或实验室进行分析。还有些科学家利用机器人在深海中探索, 收集深海信息。还有一些科学家利用人造卫星技术来观测海洋表面, 并将收集到的信息传回地球。此外, 还有一些方法是小朋友们也可以参与的, 小朋友们也可以帮助科学家们观测海洋哦!

海洋生物研究具有很大的挑战性!

海洋覆盖了地球表面超过 72% 的面积, 平均深度约为 3,700 米。我们该如何研究如此广袤的水域以及其中蕴藏的丰富生物呢?

人造卫星 (Satellite)

一种围绕地球旋转的太空物体，它搭载了传感器来观测地球。

传感器 (Sensor)

一种电子装置，可以记录周围环境所产生的信号。

机器人 (Robot)

一种能够搭载传感器、并能在一定程度上实现自主运动控制的物体。

浮游植物 (Phytoplankton)

一种微观的单细胞生物，它们利用阳光、溶解气体和营养物质来获取能量，并用这些能量构建细胞物质。

浮游动物 (Zooplankton)

一种通过摄食微生物来获取能量并构建细胞物质的动物。

海洋学家，也就是研究海洋的科学家，运用各种不同的工具来进行研究。这些工具包括可以每天观测海洋表面的人造卫星，还有研究船（目前全球大约有 50 个国家运营着约 400 艘研究船 [1]），以及定期下潜和上浮并搭载传感器的机器人（目前约有 5,000 台在役机器人）。这些工具中的大部分主要用于测量海洋的物理特性，如水温和盐度，而其中约有十分之一的工具还用于收集关于海洋生物的信息。

海洋中生存着大大小小的生物，那些微小的生物，小到你的眼睛都无法捕捉到它们的踪影，它们的体型只在 0.2-20 微米范围内（1 微米等于 1 米的一百万分之一）。这种小到看不见的生物群体包括了细菌、大部分浮游植物和微型浮游动物。然而，海洋中也存在着体积大得多的生物，它们的体型在 20 厘米到 20 米之间，比如我们常见的鱼类和各种海洋哺乳动物。虽然这些微小的生物看起来很不起眼，但实际上，它们的总质量和我们肉眼可见的生物的总质量相当 [2]。这就意味着，海洋中的微小生物非常非常多！让我们做个简单的比较，假如你手里有一茶匙的海水，你会发现它里面大约包含了五百万个细菌和约二十五万个浮游植物（这些生物可以利用光线进行生长），还有可能混入一个较大的浮游动物（这种动物以其它生物为食，有些还长得和《海绵宝宝》里的“浮游生物”很像呢）。细菌与浮游动物的大小差别，就像我们人类和埃菲尔铁塔的大小差别一样大！微小的细菌可以每隔几个小时就繁殖一次，而较大的浮游动物则需要寻找配偶进行繁殖，它们的寿命大约为一年。

研究不同的海洋生物需要采取不同的办法

海洋中生活着各种大小不一的生物，有的极其微小，有的体型庞大，海洋学家研究它们的方法也因此各不相同。举例来说，微小的浮游植物遍布在阳光能照射得到的海洋区域。作为海洋食物网的基石和能量提供者，它们也是其他生物的重要食物来源，因此对它们的研究显得尤为重要。然而，研究这些微小的浮游植物，我们不能采取和研究顶级掠食者（比如虎鲸）相同的方式，因为他们之间的差异实在太大了。

比如，浮游植物遍布在任何一个能被阳光照射到的海洋区域里，但在一个大海湾中，某一个时间点可能只有一只鲸鱼出没。再比如，浮游植物非常微小，我们的肉眼几乎无法数清它们的数量，但对于庞大的鲸鱼，我们不需要任何工具就能轻易发现它们。

为了探索那些最微小的海洋生物，比如细菌、浮游植物和浮游动物，海洋学家们会乘船采集水样，然后带回实验室进行研究。他们可能会借助显微镜仔细观察这些生物，或者利用特殊的激光束来测定样本中的细胞数量、大小和种类。就如同我们可能通过研究自己的 DNA 来追溯祖先的来历和他们可能的外貌一样，科学家们也会检查从海水样本中收集到的生物的遗传物质，以了解海水中存在哪些类型的生物。为了实现这个

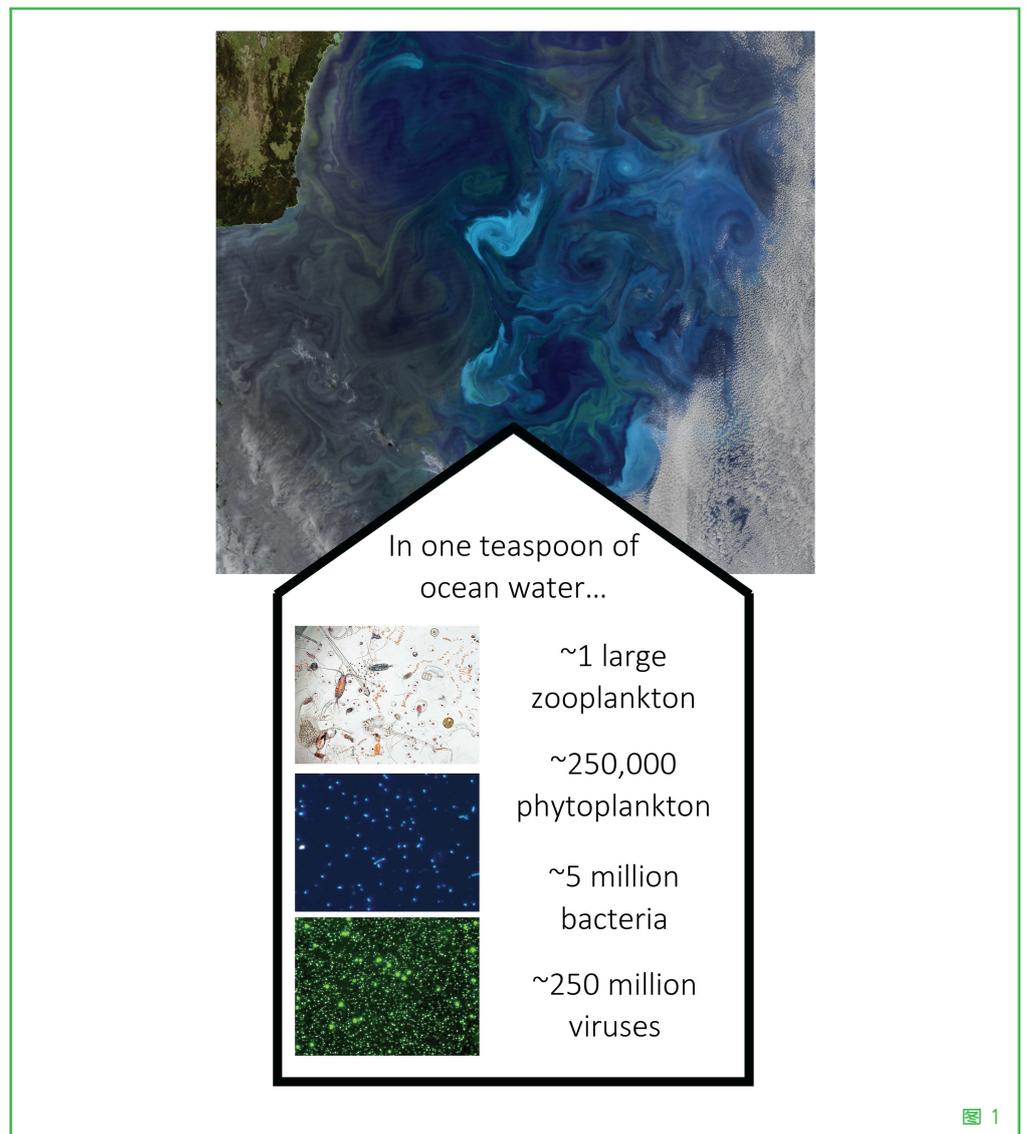
目标，科学家们需要对遗传物质进行解码，看看是否能与已知的、其遗传代码已经被研究过、并存储在遗传代码库中的其他生物相匹配。

DNA 能够为我们提供从生态系统中采集到的生物的各种特征信息，比如这些生物是否能在无氧环境中生存。除此之外，分析水样本也能帮助我们寻找某些生物体内的特殊物质。例如，海洋学家通常会在他们的水样本中寻找一种名为叶绿素 a 的分子，就像陆地上的树木那样，浮游植物也通过叶绿素 a 这种色素来吸收阳光能量。测量水中叶绿素 a 的含量是衡量浮游植物数量的办法之一。

聚集在海洋表层水域的浮游植物能够对水体颜色产生影响（如图 1 所示）。俯瞰地球的卫星会拍摄海洋表面的图片，通过这些图片，科学家能够绘制出浮游植物的分布图。尽管这些浮游植物小得看不见，但当大量的浮游植物聚集在一起形成“水华”时，我们可以清楚地从太空中看到它们的存在。

图 1

这张彩色卫星图像展示了海洋中叶绿素 a 浓度差异很大的漩涡和涡流。叶绿素 a 是一种所有浮游植物都具有的色素。图像中颜色最绿的地方就意味着有更高浓度的叶绿素 a，也就是说那里的浮游植物数量更多。图片下方的文字描述了一茶匙海水中各种类型的浮游生物的数量差异非常大。这张卫星图像来源于：<https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/gallery/>。



对于研究体型更大的生物，例如以浮游植物为食的浮游动物，科学家们会在研究船、机器人或者潜艇上部署摄像头，用来拍摄水中的生物。海水是声音的良好传播介质，因此海洋学家会使用声纳传感器，发出声脉冲，并监听回音，以此来绘制浮游动物和鱼类的分布图。这种方法之所以行之有效，是因为这些生物会因其自身的大小和形状的不同，以各自特有的方式将声音散射回传感器。听取动物的声音也是一种研究发声动物分布的方法——比如鲸鱼。大家都知道，鲸鱼可以在数千公里外的地方与同伴“聊天”！

网具同样被广泛用来在各种深度下收集海洋生物（如图 2 所示）。这种方法很像渔船在海洋中捕鱼的做法。网具由许多相互缝合的孔洞组成，形成网格。根据这些孔洞的大小，网具能捕捉到各种大小的海洋生物，从浮游植物到大型鱼类都包括在内。

图 2

在进行全面的样本采集时，我们需要采取不同的策略，来采集各种不同大小的海洋生物样本。例如，我们会利用各种类型的过滤系统，从海水中分离出像病毒这样的微小生物。对于体积比病毒大上百万倍的浮游动物，我们会在海洋中部署特制的网具进行采集。这张图展示了为了采集不同大小和类型的生物（图中的底轴），需要过滤的水量（图中的左轴）。在图中，每种生物上方都有一张图片，代表用于采集的具体过滤系统和采集方式（比如是从瓶子中取样，还是用网状装置捕获），并用 A 至 E 的标签进行标记。这张图片取自 Karsenti 等人的研究 [3]。

全面样本采集 (Holistic sampling)

一种样本采集策略，其目标是尽可能地收集到研究系统中所有部分的样本。

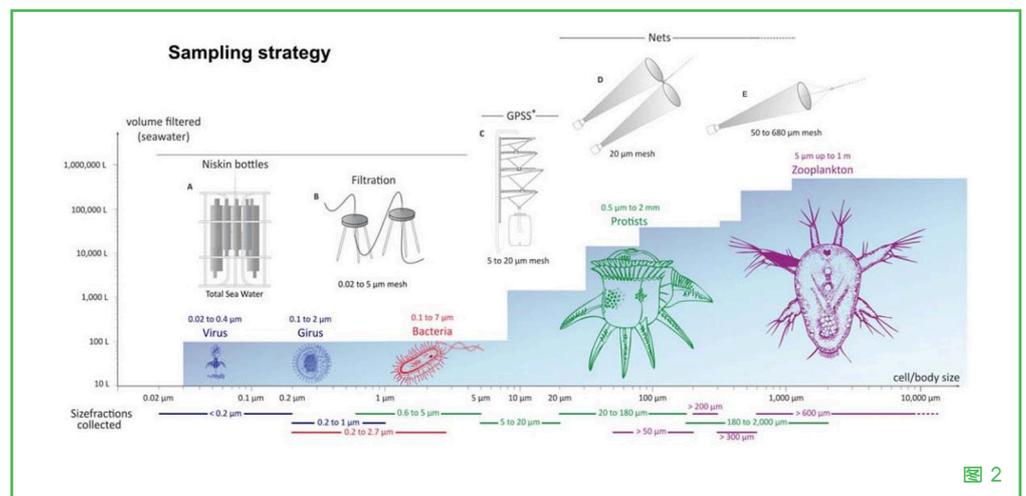


图 2

机器人可以收集海洋数据

过去，海洋学家使用装备有网具和水样采集器的船只来进行海洋生物研究。水样采集器就像一个大瓶子，可以沉入海洋的指定深度，采集需要研究的水样，然后迅速封闭，保护着它内部的水样在没有被任何东西污染的情况下上升到海面。此外，海洋学家也会在船上或者机器人上部署自动传感器。就像船有不同的驱动方式一样，海洋机器人的移动方式也有很多，有些海洋机器人是电机驱动的，有些依靠帆动力，有些通过调节自身的浮力（下沉或上浮）来改变在水中的深度。目前，有数千个这样的海洋机器人正在海洋中执行各种任务（图 3 展示了不同类型的机器人），其中许多机器人可以通过卫星将数据发送回地面，这样海洋学家就可以在陆地上进行海洋观测。

为了理解为什么某些海洋生物在不同的海区数量会有所差异，海洋学家需要从环境中收集各种数据。这些数据包括样本采集深度的水温、光照强度、掠食者的出没与数量，以及可能影响生物生存的各种化

图 3

采样平台示例: 自主 (独立) 平台包括滑翔机 (A)、波浪滑翔机 (B)、佩戴传感器的海洋生物, 如海豹 (C)、水面漂流器 (D)、风帆无人机 (E) 和探测浮筒 (F)。所有这些装置都配备传感器, 但不搭载电机 (传感器和通信设备由电池供电)。卫星监测从地球上反射或发射的能量 (G)。带有网和其他取样系统的船舶收集样品供实验室分析 (H), 装有传感器的固定系泊装置在其位置收集数据 (I)。图片来源: (A) ALPS II report (<https://alps-ocean.us/documents/>). (B) A. Snyder, in ALPS II report. (C) D. Costa, in ALPS II report. (D) ALPS II report. (E) Sairdrones Inc., in ALPS II report. (F) E. Boss, University of Maine. (G) NASA PACE project photo gallery (<https://pace.oceansciences.org/gallery.htm>). (H) NASA PACE project photo gallery (<https://pace.oceansciences.org/gallery.htm>). (I) <https://oceanobservatories.org/>.

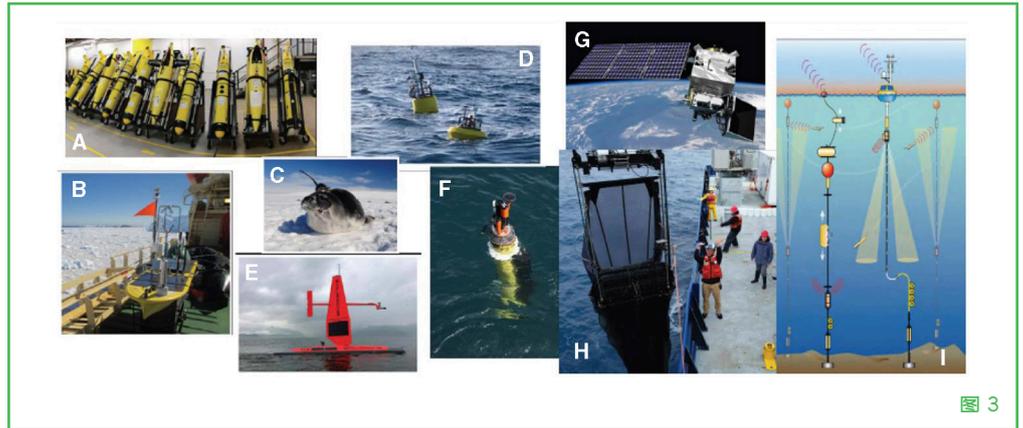


图 3

学物质。其中一些化学物质, 如溶解的营养物质, 对浮游植物是有益的, 就像肥料对陆地上的植物有益一样。但是也有一些化学物质, 例如会使水体酸化的物质, 不利于浮游植物生长。就像把一颗牙齿放进可乐中, 它会慢慢被溶解掉, 酸性的海水也会让一些生物很难构建自己的外壳。

要想深入理解一个海洋区域内的生物是如何互相影响的, 海洋学家们得运用全面样本采集的方法, 研究食物网和海洋环境的每一个部分。他们把整个海洋区域看作一个整体, 同时研究食物网中的每一个环节。打个比方, 如果海洋学家们确定, 某一区域的浮游植物能够摄取到足够的阳光和营养物质, 但却发现其数量并没有增加, 这时, 他们必须同时勘测此区域内以浮游植物为食的浮游动物的数量, 否则很难解释这一现象。

研究海洋生物的挑战

海洋广袤无垠, 且环境状况总是在不断变化, 这给研究海洋生物的海洋学家们带来了诸多挑战。其中一个挑战就是“生物污损”。生物污损是指生物在采样平台和传感器上生长, 干扰勘探和实验结果。海洋生物经常寻找可以依附且生存的表面, 而这些海洋传感器为海藻、藤壶等生物提供了理想的生长场所。

还有一个挑战: 海洋研究可能会改变海洋本身。海洋中的生物, 比如鱼, 会被海中的结构或者光源所吸引, 这可能会影响科研设施的勘探结果。而渔民们也知道鱼会被这些科研设备吸引, 所以他们常常在那附近捕鱼。这也反映出, 研究海洋的挑战之一, 就是如何在不干扰海洋生物和环境的前提下, 准确地获取信息。

当我们只有有限的经费来进行海洋生物的研究时, 科学家们就需要花更多的时间来精心设计他们的研究计划。他们需要想清楚他们想要解答的问题, 然后再找出最好的方式来收集并解析信息。一个好的科研项

目需要考虑其关注的海洋生物的一些特性。海洋学家可能会提出以下问题：

- 我应该分析多少水样本才能知道生物 X 的浓度？如果我只取一桶水作为样本，我是否能得到足够的生物，来估计出这个海湾里该生物的总数量？
- 我的勘探结果是否具有时效性？如果我一周前采集了这个样本，今天水样本中的生物体是否还存活？其数量是否发生了改变？
- 我的勘探结果在多大范围的海域具有普适性？我的勘探结果能否代表所有海域的情况，还是只在我所研究这个海湾范围内有效？

回答这些问题对于确定勘探方式、勘探频率、勘探间隔至关重要，这将保证我们的研究经费得到最有效的利用。好消息是，随着技术的发展，一些勘探方式的成本已经下降，同时海洋学家能从一次勘探中获取的信息也增加了。比如，如果一位科学家的研究问题必须通过某种特定的勘探方式才能得出答案，而这种勘探方式只能在船上进行，那么他们就需要申请资金和时间来进行海上研究。但也许，他们可以利用每天在全球范围内收集到的卫星数据，来解决这些问题，这样就无需依赖船只，也可能会节省研究经费。

如何改进海洋生物勘探方法？

为了更全面地探索海洋，科学家们需要大家的帮助。最近有一些项目邀请了非海洋学家，包括小朋友们，一同参与海洋探索。这些被称为“大众科学”的项目或许能大幅提高我们采集海洋样本的能力。事实上，很多人都非常热爱海洋——他们喜欢去海滩、喜欢在海里游泳、喜欢观察海洋生物。而海洋之广阔，使得即便是海洋学家（包括机器人！）也只能采集到一部分海洋样本。所以，我们需要所有热爱海洋、关心海洋的人来帮助我们采集样本，分享他们对海洋的观察。例如，冲浪者就能收集到有价值的数据！（<https://smartfin.org/>）如果你对参与这样的大众科学项目感兴趣，想要帮助海洋学家收集海洋数据，不妨看看下面的链接，看看你能如何出一份力！

<https://oceanservice.noaa.gov/citizen-science/> 或

<https://planktonplanet.org/> 或

<https://www.whoi.edu/what-we-do/educate/k-12-students-and-teachers/resources-for-teachers-citizen-science-projects/> 或

<https://medium.com/@TheW2O/citizen-science-and-the-ocean-4dff1b7e0d84>

参考文献

1. Dinsmore, R. P. 2001. "Ships," in *Encyclopedia of Ocean Sciences, 2nd Edn.*, ed J. H. Steele (Academic Press). p. 409–18. doi: 10.1016/B978-012374473-9.00299-X
2. Sheldon, R. W., Prakash, A., and Sutcliffe, W. H. 1972. The size distribution of particles in the ocean. *Limnol. Oceanogr.* 17:327–40.
3. Karsenti, E., Acinas, S. G., Bork, P., Bowler, C., De Vargas, C., Raes, J., et al. 2011. A holistic approach to marine eco-systems biology. *PLoS Biol.* 9:e1001177. doi: 10.1371/journal.pbio.1001177

线上发布: 2023 年 11 月 10 日

编辑: Carolyn Scheurle

科学导师: Anuschka Faucci

引用: Boss E 和 Kramer SJ (2023) 我们该使用什么技术来研究海洋生物呢? *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00003-zh

英文原文: Boss E and Kramer SJ (2020) How Do We Choose Technologies to Study Marine Organisms in the Ocean? *Front. Young Minds* 8:3. doi: 10.3389/frym.2020.00003

利益冲突声明: 作者声明, 该研究是在没有任何可能被解释为潜在利益冲突的商业或财务关系的情况下进行的。

版权 © 2020 © 2023 Boss 和 Kramer. 这是一篇依据 [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](#) 条款发布的开放获取文章。根据公认的学术惯例, 在注明原作者和版权所有人, 及在标明本刊为原始出处的前提下, 允许使用、传播、复制至其他平台。如违反以上条款, 则不得使用、传播或复制文章内容。

少年审稿人

STEVENSON MIDDLE SCHOOL, 年龄: 12–13

本篇文章的少年审稿人, 是 63 名七年级科学班的小同学们, 他们来自美丽的夏威夷州的一所州立学校, 分属两个班级。这群充满好奇心且观点鲜明的小同学们, 通过科学的透镜, 磨砺自己的批判性思维, 并拓宽自己的世界观!

作者

EMMANUEL BOSS

Emmanuel 是一位才华横溢的水生物物理学家, 他开发了研究水中不同物质的数量和特性的方法, 例如浮游植物和沉积物。他在卫星和机器人上安装传感器, 或者将传感器绑在固定结构上, 有时还会直接将传感器从船上下沉到海洋中。然后, 他会把这些传感器获取的数据和实验室分析出的水样数据进行比较。他还和一名学生共同开发了一款可



以测量水体浑浊度的手机 APP。Emmanuel 还是一名潜水和游泳爱好者, 最喜欢做的事情, 就是让自己呆在水里。*emmanuel.boss@maine.edu



SASHA J. KRAMER

Sasha 是一名正在攻读海洋科学博士学位的研究生, 她致力于研究居住在海洋表面的微小浮游植物。她会从海洋中采集样本, 研究这些样本中浮游植物的数量和种类, 并试图找出一种方式, 将她的这些实地勘探数据与卫星收集的数据相互关联起来。Sasha 在新英格兰长大, 她喜欢去大西洋的鳕鱼角海滩游泳。现在, 她搬到了加利福尼亚的圣巴巴拉, 在太平洋中游泳! 在空闲时间, Sasha 喜欢徒步和烘焙。sasha.kramer@lifesci.ucsb.edu