

文章编号: 1004-0374(2013)08-0743-02

· 专题: 同步辐射成像技术
在生物医学中的应用 ·

序言

张新夷

(复旦大学物理学系, 上海 200433)

同步辐射装置是用户公用的大型科学设施。它提供的同步辐射, 性能十分优异, 亮度高、光谱宽、准直性好、全偏振, 具有脉冲特性, 实现了很多其他光源无法完成的研究工作。从 20 世纪 60 年代开始, 同步辐射光源不断被建立起来, 从兼用模式的第一代机器, 到以储存环的弯转磁铁辐射为主的专用光源, 再到以插入件辐射为主、性能更佳(一般指电子束发射度小于 20 nm-rad)的第三代光源, 再到称为自由电子激光的第四代光源。我国于 20 世纪 90 年代建立了依托于北京正负电子对撞机的北京同步辐射装置和建在中国科技大学的国家同步辐射实验室的合肥光源, 分属第一代和第二代同步辐射光源。随后, 作为第三代光源的上海同步辐射装置(也称上海光源)又于 2009 年建成并对用户开放。与此同时, 我国的同步辐射应用研究, 包括同步辐射在生命科学领域的应用, 得到了蓬勃发展。在上海光源投入使用前夕, 《生命科学》于当年第 1 期策划出版了“同步辐射光源在生命科学中的应用”专题。四年多过去了, 国内越来越多的研究人员利用国内外的同步辐射装置开展了很多研究, 并取得了优异成绩。成像是同步辐射的几大重要应用之一, 也是同步辐射应用在生命科学中的一个非常活跃的研究领域。本期专题为同步辐射成像技术在生物医学中的应用, 旨在介绍同步辐射成像研究的概貌以及我国科技工作者在这一领域取得的重要研究成果。

众所周知, 影像技术源自 1895 年伦琴发现的 X 射线。利用 X 射线通过物体内部不同部位对 X 射线吸收的差异(称为吸收衬度)而形成影像。X 射线影像让我们看见原先看不见的内部结构。为了使影像更清晰、分辨率更高, 人们足足花了 100 多年的时间, 不断采用来自众多学科的先进科学与技术, 使 X 射线影像学得到了长足的进步。纵观 100

多年成像技术的发展历程, 可以归纳为以下三个方向: 造影术、透视显像和计算机断层扫描技术(即 CT)。影像学沿着这三个方向发展到了极致, 影像质量也有了很大的提高。然而, 所有成像技术始终是基于生物或人体内结构由于密度的差异对 X 射线的吸收不同, 即吸收衬度而成像的。

那么, 同步辐射有什么优势呢? 为什么说同步辐射可以实现其他光源无法完成的工作呢? 这主要应归功于同步辐射的高亮度和相干性。同步辐射的亮度比常规光源要高几个甚至十几个数量级; 另外, 同步辐射是部分相干的, 与其他实验室光源相比, 其相干性要好得多, 而自由电子激光则更是完全相干的。同步辐射用于影像研究的重要进展始于 20 世纪 80 年代。1986 年美国 Stanford 同步辐射实验室(SSRL)得到的第一张人的冠状动脉造影图像是一个重要标志。由于同步辐射的高亮度, 在做心血管造影或双色减影时, 造影剂的剂量大大减少, 从而可实现更加安全的静脉注射造影剂的方法。然而, 同步辐射造影术与所有 X 射线成像技术一样, 仍然是利用吸收衬度成像。我们知道, X 射线通过物体时, 其振幅和相位都发生变化, 分别形成吸收衬度和相位衬度。同步辐射 X 射线成像的另一个更重要的进展是对相位衬度的利用。在 20 世纪的最后几年, 利用衍射增强成像(DEI), 第一次实现了相位衬度成像, 这是一个具有里程碑意义的工作。在 2000 年前后, 很多种相衬成像方法应运而生, 影像的分辨率也从传统 X 射线成像的毫米量级提高到了微米量级。最后, 与传统 X 射线 CT 技术类似, 同步辐射成像技术的第三个发展方向是相衬成像与 CT 技术相结合, 形成了同步辐射微相衬计算机断层成像技术(PC-SR- μ CT)。近几年来发展起来的相干衍射成像(CDI)更使分辨率提高到了纳米量级。在分辨率和清晰度大大提高的同时, 先进的同步辐射成像

技术又可望满足人们对生物及人体内部器官进行三维观察的愿望。我们惊奇地发现，同步辐射成像技术与伦琴 X 射线摄像技术相隔一个世纪，却沿着几乎相似的轨迹，但在一个更高的层次上发展：空间分辨率从毫米 - 亚毫米提升到了微米 - 纳米量级；从利用吸收衬度只能反映密度相差较大的部位到利用相位衬度可对密度相差很小的生物结构成像；再有，归功于自由电子激光提供的超高亮度及高相干的 X 光光源，CDI 实现了人们对单个细胞、单个粒子及单个分子进行动态成像的百年梦想。

本专辑邀请到多位把同步辐射成像技术成功应用到生命科学相关研究领域的科学家，撰写了 9 篇综述性文章，让读者了解我国的同步辐射影像生物医学应用的概貌。“上海光源 X 射线成像的生物医学应用研究进展”一文全面介绍了在上海光源已经建立的多种成像技术及其在生物医学研究中的应用进展。从中可以看到，在我国的同步辐射装置上，已经建立了各种最先进的成像方法，几乎与国际上同步。据我所知，还有一些新的成像方法正在建设

或预研中。在建立方法的同时，我国的科技工作者为同步辐射成像做了很多有重要意义的基础性研究，应用研究也取得了喜人的成绩。大家在专题的相应文章中可以看到，有的研究成果已经在国际上产生重要影响。限于篇幅，只能刊登部分有代表性的工作。这些工作的研究对象包括细胞和病毒、微体化石、小动物脑血管和血管网络、昆虫结构、早期鱼类演化、药物制剂结构和释放动力学等；实验方法涉及相干 X 射线衍射成像、同步辐射 X 射线造影术、各类相衬成像（衍射增强相衬成像、同轴相衬成像和光栅微分相衬成像等）和同步辐射显微计算机断层成像。生物医学研究浩瀚复杂，还有很多重要的工作没有包括进来。《生命科学》组织本专题，希望以此为广大科技人员和读者提供一个了解同步辐射成像技术及其如何在生物医学研究中发挥作用的窗口；也希望有更多研究人员能加入到同步辐射成像研究的队伍中来，为共同推动我国同步辐射的生物医学应用发挥重要作用。