



图7 利用SFX方法及传统的晶体学方法在相同分辨率下的结果比较。(a)图是SFX方法得到的电子密度图,(b)图是在100 K低温下使用传统的同步辐射光源得到的电子密度图。SFX方法得到的结果与传统的方法十分接近(Henry N. Chapman., et al, *Nature* 470, 73 ~ 78 (2011))

展望

自由电子激光正在向全相干、超高功率、小型化和连续波等方向发展,其光束线和实验站设备及其实验方法也在不断的发展和完善之中。自由电子激光除

了在序列飞秒晶体学实验方面具有重要应用外,还在其他两方面对X射线晶体学有着重要促进作用。一个是生物大分子晶体时间分辨研究,利用自由电子激光的高强度及飞秒级的脉冲,结合高速探测器,解析蛋白质分子晶体在反应过程中的结构变化,揭示蛋白质分子的动态反应机理。另一个是利用自由电子激光的高相干性,从纳米尺度的晶体采集衍射数据,利用相干衍射成像的方法来解决相位问题。在20世纪,基于同步辐射的X射线晶体学对生命科学的发展产生了巨大的影响。21世纪,自由电子激光又将为X射线晶体学注入新的活力。

基于X射线自由电子激光的晶体学发展把微小蛋白质晶体结构测定的限度从微米尺度推进到了纳米尺度,这一大步跨越对于结构生物学发展的巨大推动作用将随着时间不断显现。X射线自由电子激光的优良时间特性,对于我们进一步理解自然界的瞬间过程,更是无法替代的变革性手段,这将是自由电子激光应用的一个主要方向。X射线自由电子激光的梦想,是直接观察真实状态下原子分子的结构与变化,直至单个原子分子,而不再借助把原子、分子堆砌成晶体。那一天的到来或许意味着利用晶体学进行结构测定的终结,但这正是X射线自由电子激光及其晶体学追求的“终极”目标。百年晶体学发展已经为人类认识自然做出了突出的贡献,可以相信,未来几十年晶体学的新发展必将做出更大的贡献。

科苑快讯

大西洋深处隐藏着地球失去的热量

现在,对于地球变暖出现停滞有了新解释。尽管温室气体在大气层中不断积累,但是地球表面平均气温却在2000年以来保持稳定,原因不得而知。许多科学家相信,答案就是太平洋将大量冷水发送到海面,帮助地球降温。但是发表在《科学》(*Science*)网站上的研究论文提出,海水温度数据表明大多数失去的热量都储存在大西洋深处。

研究者汲取了1970年以来全球数千万浮标、船只的海水温度及盐度的测量数据,涵盖从海面到1500

米深处的24个不同深度,这意味着太平洋持续吸收热量至少在10年以上,大大缓解了地表变暖。文中写道,在过去的14年里,西北太平洋300米以下存储的能量高于全球其他海域的总和。作者之一、青岛中国海洋大学的海洋学家陈显尧(Xianyao Chen)说,“我们找到了失去的热量”。他与合著者、美国西雅图市华盛顿大学(University of Washington)的董家杰(Ka-Kit Tung)认为,“传送带”洋流将盐度较高的热带海水输送到北太平洋,携带热量沉入海底。

(高凌云编译自2014年8月21日www.sciencemag.org)