

# 光子制动太阳

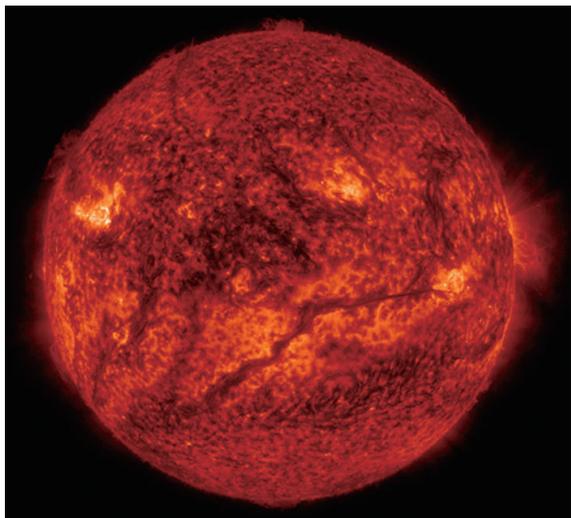
(北京大学 徐仁新 编译自 Katherine Wright. *Physics*, February 3, 2017)

观测和理论研究表明，光子带走了太阳的角动量。这解释了为何太阳表面的转动要比其内部慢。

很奇怪太阳表面的旋转会比内部慢。如今，研究人员仔细地观测该现象并试图解释这一行为。研究团队使用新技术跟踪太阳外层的波动，得到转速差，并将减速归因于70 km厚的太阳“表皮”处。他们的模型认为：从该层辐射的光子带走了角动量，使得自转减慢。这种减速机制适用于所有恒星，半径越大越显著。

太阳等离子体物质的自转速度与纬度有关(赤道快、极区慢)，还跟到中心的距离有关。几十年前人们就注意到核心与表面之间的速度差，但并未得到公认的解释。

人们一般利用“日震学”技术



研究人员高精度地测量太阳表层的转动，并提出理论解释表层旋转较慢的原因。他们认为光子离开太阳时带走了角动量

测量太阳等离子体转速随深度的变化，即通过观测穿过核心的声波在太阳表面激发的振动来获取内部的信息。这些测量覆盖整个太阳表面，但分辨率较低(2000 km)。

为了更精确地了解太阳表层不同深度的减慢，夏威夷大学 Jeff Kuhn 及其同事采用不同波长的滤光片拍摄太阳的图像。因温度随深度的变化，不同滤光片拍摄了不同层的太阳图像。自2010年开始，美国宇航局的太阳动力学天文台(Solar Dynamics Observatory)历时三年半获得这些图像。他们根据波纹的运动来推断太阳转动速度。“这类似于通过观察海面波浪来确定洋流”，Kuhn

说。该团队以10 km的分辨率对150 km厚的太阳外层进行测量，发现大部分转动减速发生于70 km厚的表层。这一层比光球层(500 km厚，半透明)的其他部位大约慢5%。

Kuhn 及其同事建立了一个模型以解释他们的观测数据。光子产生于密度较高的太阳核心，那里的等离子体近乎固体。当光子向外扩散时，它

们经过密度较低的等离子体，流动快且往往湍动对流。当光子与运动的等离子体相互作用时，它们之间将交换角动量。不过，在太阳内部，光子散射得如此频繁以至于它们损失和获得的角动量相等。然而在出射光子的光球层，这种作用将导致等离子体损失角动量(被光子带走)。这一效应对等离子体施加轻微的制动，从而减慢这一层的转速。该制动机制在太阳外层最有效，那里等离子体密度最低。

考虑了光子制动效应后，研究人员计算出光球旋转速度，跟观测结果一致。然而Kuhn认为，这个效应几乎不影响太阳整体的旋转。他说，光子制动机制需要“几倍于宇宙年龄”的作用时间才能影响太阳核心的旋转，当然对高光度的恒星而言效果会更显著些。

“所建立的物理模型显然带有猜测性”，丹麦奥胡斯大学天文学家 Christensen-Dalsgaard 说，但并不“不无道理”。至于光球中不同深度旋转速度的详细测量，“没有其他技术能够给出这种转速的分布”，他说。“无疑，这一测量对于我们理解太阳动力学是重要的。”

更多内容详见：I. Cunnyngham, M. Emilio, J. Kuhn et al. *Phys. Rev. Lett.*, 2017, 118: 051102.