

我们处于希格斯深渊的边缘吗？

(北京大学 徐仁新 编译自 Alexander Kusenko. *Physics*, November 9, 2015)

我们的宇宙或处于亚稳态，但可能比此前认为的稳定些。

粒子宇宙学家审查已知粒子物理定律是否跟观测到的宇宙演化一致，以及这些定律预示着怎样的未来。我们需要修改个别定律吗？宇宙是稳定的还是“亚稳的”？俄罗斯Dubna联合核子研究所的Bednyakov及其合作者给出新的理论分析，将这些基本问题跟大型强子对撞机(LHC)的最新发现联系起来。他们的结论是：若标准模型正确，包括希格斯玻色子质量在内的测量值暗示宇宙正处于亚稳态。不过，他们也认为，宇宙可能要比此前的看法更稳定。

在量子理论中，一个稳定的“真实”真空对应于标量势(依赖场强的函数)的最小值，而亚稳态(即“伪”真空)则为局域极小。如果宇宙处于最低的势能，那么它将来不受威胁。但也有可能，目前势能是

局域极小的，存在更低的最小值；一个有限的势垒将局域极小和那个无底的深渊隔开。在这后一种情况下，宇宙最终会隧穿至另一状态，生命将不复存在。当然，这种灾难性事件的概率很小，毕竟我们的宇宙已经维持百亿年了。不过，这一可能性所导致的“世界末日”令人不安。

宇宙基态依赖于希格斯场的势能(见图)；这一点随着希格斯子的发现得到验证。可依据希格斯玻色子和顶夸克的质量来回答宇宙到底处于真实真空还是伪真空。要做这样的计算必须假定：直到普朗克能标也不会出现超出标准模型的新物理(如新的粒子或力)。将这些粒子的质量跟宇宙的命运联系起来是有意义的。称为“重整化群演化”的数学形式促进了这里的分析。随着希格斯玻色子质量(约125 GeV)的测量，关于宇宙稳定性的问题显得尤为突出，或意味着宇宙处于亚稳态。因此，优化理论计算及相关预测是及时的。

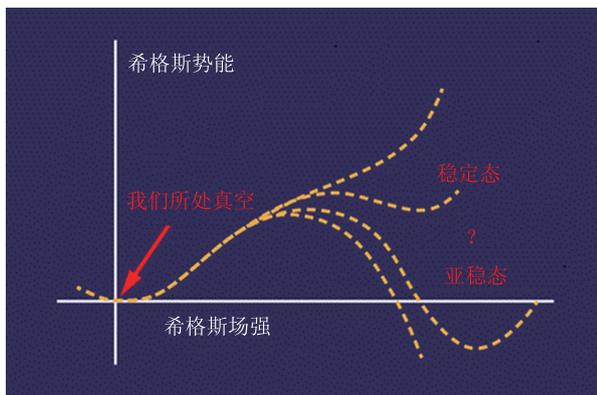
Bednyakov 等给出了迄今最好的分析。他们采用更好的近似得到希格斯势；计算中考虑

强相互作用四圈图修正及重整化群演化的三圈图。这些作者得出结论：测量参数(包括希格斯和顶夸克质量)的最好理论拟合暗示宇宙处于亚稳态。不过，他们的分析也认为我们的宇宙比先前看法更接近稳定区；如果测量参数仅偏离期望值1.3倍方差，宇宙可能是完全稳定的。因此，未来需要更精确地测量希格斯玻色子和顶夸克的质量以及强作用耦合常数。

若宇宙的确处在伪真空，它将如何演化？负能泡沫的形成或阻止宇宙充满希格斯伪真空。亚稳态也表明标准模型不能至普朗克尺度一直有效，新的粒子和相互作用将影响标量势。此外，接近不稳定性也暗示着希格斯势并未如所料而急剧地随场强增长。在宇宙暴胀期，浅势标量场往往具有较大的期望值。对于希格斯场而言，可能导致物质—反物质的不对称性。

为认识宇宙过去和未来，评估世界末日预言的正确性，我们需要更精确地测量标准模型参数，包括希格斯玻色子质量。未来这方面的进展将会来自LHC、国际直线对撞机(ILC)及超大型强子对撞机(VLHC)等实验。

更多内容详见：A. V. Bednyakov, B. A. Kniehl, A. F. Pikelner et al. *Phys. Rev. Lett.*, 2015, 115: 201802。



宇宙的基态依赖于希格斯场的势能。如果宇宙处于势能的最小值(即“真实”真空态)，那么它是稳定的。真空若只是局域势能极小，存在更低的最小值，则为“伪真空”；这样的宇宙会灾难性地隧穿至真正的真空态