

# Construct a Stable Sandcastle

LL

2020 年 3 月 9 日

世界上有许多供人们休闲娱乐的沙滩，人们在沙滩上经常做的一件事就是建造沙堡。令人遗憾的一点是，对于建造的沙堡，无论是简单的规则几何体，还是结构复杂的城堡都会随着时间的流逝在海浪以及雨水的影响下垮塌。那么如何构建一个沙堡，使其在其他条件相同的情况下能够尽量长时间地保持其稳定性呢？我们就这一问题展开了研究：

首先我们将整个问题看做两个主体组成的系统，其中一个主体是沙堡，而另一个主体是海浪，具体来说海浪对沙堡的作用。在第一个主体的研究中，我们将沙粒近似看做球体来研究两湿润沙粒间的桥接力，然后通过积分算出宏观上沙堡固定自己的应力。对于第二个主体，我们将近海岸的海浪运动近似为斯托克斯波。接着，我们通过海浪破碎后产生的冲刷摩擦力和沙堡正面受到的冲击力将两个主体联系起来构成一个完整的系统。最后基于这个系统，我们提出了沙堡稳定性的模型。

对于沙堡的最佳三维结构，我们通过将得出的模型输入计算机，经过模拟得出此结构应该是类似于楔子形状的三维结构。而对于最佳的沙水体积分数，我们将关于沙水体积分数的函数代入模型中，与经过了三次样条插值后的数据进行分析后得出最佳沙水体积分数出现的范围是2% ~ 4%，在我们的计算机实验环境中求得的最佳沙水体积分数是2.6%。在考虑雨水对沙堡造成的影响时，我们通过元胞自动机模拟雨水对沙面的侵蚀排除了一些次要因素，接着通过抗剪强度公式进行改进后与我们的模型进行融合，得出了沙堡受雨水影响的模型。

最后我们进行了可行性分析和模型优缺点的讨论。