

# 对拥挤人群行为预测的物理模型

(北京大学 朱星 编译自 Tamela Maciel. *Physics*, 2014, 7: 121)

根据一个行人与他人碰撞的预测能力，提出了一种普适定律，它可以对不同拥挤条件下人群中行人的相互作用进行精确模拟。

如果能精确地预测拥挤人群的运动，会对室外大型活动的设计者和计划者有所帮助，但是研究人员不容易用简单方法进行模拟。通过对真实人群的大量数据库研究，美国一个团队揭示了一种简单而普适的规律，它是基于一位行人对行进路线预测和避免与其他人碰撞的能力。这个规律使得研究人员可以对群体的聚集行为进行真实模拟，或许可以帮助设计者预测一些公众聚集活动(如运动会、节日庆典等)会出现的拥挤危险。

2010年，德国举行“爱的游行”时，极其拥挤的人群在散场时造成了21人死亡、500多人受伤的惨案。明尼苏达大学的Stephen Guy采用了一种用于拥挤人流的精确模型，他相信未来这样的悲剧可以避免。一种可行的模型也可帮助编程者将群体行为用视频、虚拟现实以及类似电影形式更为真实的表示。Guy说，“展望未来，一个体育场能自动安排最佳疏散方式，以避免人群拥挤”。然而，对行人的相互作用找出精确和普适的规律是有难度的。

在早期对拥挤人群的模拟中，假设人与人之间的行为如同互相排斥的颗粒的集合，而颗粒间相互作用力与距离有关。但是这种模拟不能重现人群动力学问题，比如大量人群沿同方向通过一个拥挤的公园或者走廊。

两年前，研究人员在实验室证明，仅仅当人与人之间的距离小于1 m时，行人才会改变行走方向，否则就继续沿着原有方向走。Guy表示，这个结果提示，行人预测未

来的碰撞能力或许是大量人群动力学的关键因素。

为了研究这种大量人群的“预测能力”，Guy与课题组构建了一个真实拥挤人群相互作用的视频数据库。他们所做分析中设计了两种情况：一种是在室外人群稀疏情况，如在一个大学校园开阔区域学生的散步，另外一种是在密集的人群，如一大群人通过一个如同瓶颈的走廊。研究人员用两种方法测量视频中每对人的间距，以及直到他们碰撞所用的时间。在每一帧视频中，他们对相应于每种间距和每种碰撞时间所对应的人群对进行计数，由此得出发生碰撞的概率。

对于某一特定间距，不同的行走速度所对应的碰撞概率区别很大。慢走的行人比快走者更有可能聚集在一起，就是说快走者比慢走者会更早地避免碰撞。另外，不管什么速度，碰撞发生时间是表征当行人沿大致相同方向前进时，发生行人互相接近的时间，而相向而行的行人间的间距较大。

根据这些数据，研究人员得出一个相对简单的数学关系，可以用于描述两个行人之间的“排斥力”，这类类似于电子之间相互作用力的定理，但是取决于他们的碰撞时间，而不是他们的间距。运用这个定律，他们对不同市政布局进行模拟，得到与真实情况类似的拥挤现象。比如，对于在室外开放空间中大量人群，人们向不同方向行走，行人会自发地形成单向的人流。这种

结果用以前的模拟是难于获得的。

这个团队研究结果表明，拥挤人群的行为可以用一个单一的变量描述，即根据行人的主观预测。Guy说，“与电子不同的是，人拥有大脑，可以通过我们行为的后果进行思考”。他说，运用这个拥挤人群模型，可以在尚未开始建设前，就对建筑物或者公众场所可能存在的隐患进行预测。美国阿贡实验室Igor Aronson作出的评述说“这个工作在集体运动领域发表的论文中非常突出”，“作者令人信服地演示了，如果使用碰撞时间函数进行计算，可以用如此简单的形式预测拥挤人群中人与人之间的相互作用”。更多内容详见Ioannis Karamouzas et al. *Phys. Rev. Lett.*, 2014, 113: 238701。



对混乱的预测。用一种新的公式描述行人之间的排斥力，可以精确地预测各种行人拥挤的状况