

汽车前挡风玻璃减速的奥秘

许树玲



汽车是最为常用的交通工具之一。当我们坐在行驶的汽车内观察车窗外地面上的物体时，常常会发现从车的侧面车窗观察到的物体的运动速度要比从前车窗观察同一个物体的运动速度要快，于是许多人都认为汽车的前挡风玻璃具有减速的作用，许多司机们在比较车的性能时也往往将车前挡风玻璃的减速效应列为重要的一项。

汽车前挡风玻璃真能“减速”吗？查阅了大量国内外相关资料后的结论是“减速玻璃”目前尚未面世。“减速玻璃”既然不存在，为什么从行驶汽车的前挡风玻璃观看外界物体会感觉其移动速度要比从汽车的侧面玻璃观察外界物体移动速度要慢很多呢？本文从物理学角度对这一问题进行分析。

人眼运动知觉的判断变量不是线速度，而是角速度(视角度/秒)。我们首先建立空间三维直角坐标系 $o-xyz$ ，取瞳孔所在处为坐标 o 点，目视方向为 x 轴正方向；被观察物体所处平面为视平面，视平面平行于 yoz 平面；地面上被观察物体在视平面内对眼睛所张视角为 2θ 。

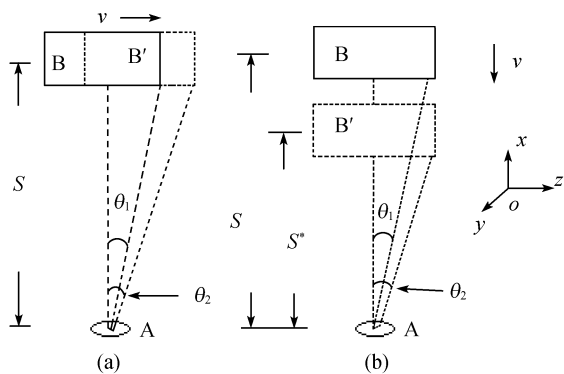


图 1

当通过汽车的侧窗观察车外地面上的物体时，物体相对于汽车的运动方向是平行于人的眼睛的，如图 1 (a) 所示。设汽车的运动是匀速的，静止于

地面的物体相对于汽车的速度也就是匀速的，我们用 v 表示，在 $0-t$ 时间段内，人眼观察物体运动的视角速度为：

$$\frac{d\theta_{//}}{dt} = \frac{d\left(\arctg \frac{L+v \cdot t}{S}\right)}{dt} = \frac{\frac{v}{S}}{1+\left(\frac{L+v \cdot t}{S}\right)^2} \quad (1)$$

$$= \frac{v \cdot S}{L^2 + S^2 + v^2 \cdot t^2 + 2v \cdot t \cdot L}$$

当我们通过汽车前挡风玻璃观察车外地面上的物体时，物体的运动方向是与入眼垂直的，如图 1 (b) 所示。在 $0-t$ 时间段内，人眼观察物体运动的视角速度为：

$$\frac{d\theta_{\perp}}{dt} = \frac{d\left(\arctg \frac{L}{S-v \cdot t}\right)}{dt} = \frac{\frac{v \cdot L}{(S-v \cdot t)^2}}{1+\left(\frac{L}{S-v \cdot t}\right)^2} \quad (2)$$

$$= \frac{v \cdot L}{L^2 + S^2 + v^2 \cdot t^2 - 2v \cdot t \cdot S}$$

上面两式中取 $k_1=L^2+S^2+v^2 \cdot t$ ， $k_2=v \cdot t$ ，有

$$\frac{d\theta_{//}}{dt} = \frac{v}{k_1/S + 2k_2 \cdot L/S}, \quad \frac{d\theta_{\perp}}{dt} = \frac{v}{k_1/L - 2k_2 \cdot S/L}。$$

对式 (1) 和式 (2) 进行讨论。

1. 当物体的线度很小， $L \approx 0$ 时，(2) 式等于零，(1) 式不等于零，即通过汽车的侧窗我们可以观察到物体的运动变化，而通过汽车前车窗观察物体时却感知不到物体的运动；

2. 当物体自身有一定的线度，但物体的线度小于物体到人的距离时， $S \gg L$ ，由式 (1) 和式 (2) 可得：

$$\frac{d\theta_{//}/dt}{d\theta_{\perp}/dt} = \frac{\frac{k_1}{L} - 2k_2 \cdot \frac{S}{L}}{\frac{k_1}{S} + 2k_2 \cdot \frac{L}{S}} = \frac{\frac{k_1}{2k_2 \cdot L} \cdot \frac{S}{L} - 1}{\frac{k_1}{2k_2 \cdot S} \cdot \frac{S}{L} + \frac{2k_2 \cdot \frac{L}{S}}{2k_2 \cdot \frac{S}{L}}}$$

混沌的魅力

付洪艳 雷凤兰 蔡 燃

蝴蝶效应

与世间种种巨大的力量相比，扇动着翅膀的蝴蝶似乎没多大力量。然而有一句谚语却说：“中国上空的一只蝴蝶振动双翅，美国某处便下起了大雨。”混沌理论可以证明这一谚语。对蝴蝶力量的科学洞察始于洛伦兹的工作。洛伦兹是一位气象学家，也被尊称为混沌理论的缔造者之一。当时，洛伦兹正在检验一个简单的气象预测模型。洛伦兹完成了冗长的计算后，需要对结果进行复核，他将 0.506 而不是处置的精确值 0.506127 作为初值输入计算机。他知道这样做将产生千分之一的误差，并预计在其气象预测中和原来的计算将有同等大小的差异。

然而，令他大为吃惊的是，新的天气预报和原先的结果几乎没有什么相似之处，他立即意识到了问题的症结所在：当计算机反馈出每一步的结果并作为原数据重新输入时，两组数据开始时的细微差别被迅速放大为巨大的差异。这万分之一的误差——这种误差大约相当于多了一阵轻柔的微风——很快就使天气预报变成了一片混乱。他用图像来模拟气候的变

化，最后他发现，图像是混沌的，而且十分像一只蝴蝶张开的双翅（如图 1 所示）。这就是我们今天所熟知的“蝴蝶效应”，从科学的角度来看，“蝴蝶效应”反

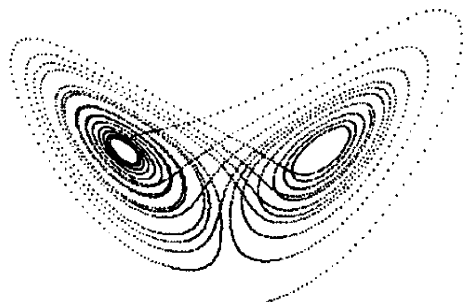


图 1

映了混沌运动的一个重要特征：系统的长期行为对初始条件的敏感依赖性。混沌理论认为：在混沌系统中，初始条件十分微小的变化经过不断放大，对其未来状态会造成极其巨大的差别。正所谓失之毫厘，谬以千里。

失之毫厘，谬以千里

对气象工作者来说，那一天是黑暗的日子。洛伦兹意识到：“如果大气层真是这样活动的话，那么要想做出长期气象预报几乎是不可能了。”但这一天



$$\frac{\frac{k_1}{2k_2} \cdot \frac{1}{S} - 1}{\frac{k_1}{2k_2} \cdot \frac{1}{S} + \frac{L^2}{S^2}} \approx \frac{\frac{k_1}{2k_2 \cdot S} - 1}{\frac{k_1}{2k_2 \cdot S} \cdot \frac{L}{S}} > 1 \text{ 故有: } \frac{d\theta_{//}}{dt} > \frac{d\theta_{\perp}}{dt};$$

3. 当物体自身线度较大，且物体到人的距离很近时 $S \ll L$ ，由式（1）和式（2）可得：

$$\frac{d\theta_{//}/dt}{d\theta_{\perp}/dt} = \frac{\frac{k_1}{L} - 2k_2 \cdot \frac{S}{L}}{\frac{k_1}{S} + 2k_2 \cdot \frac{L}{S}} = \frac{\frac{k_1}{2k_2 \cdot L \cdot \frac{L}{S}} - \frac{2k_2 \cdot \frac{S}{L}}{2k_2 \cdot \frac{L}{S}}}{\frac{k_1}{2k_2 \cdot S \cdot \frac{L}{S}} + 1} =$$

$$\frac{\frac{k_1}{2k_2} \cdot \frac{1}{L \cdot \frac{L}{S}} - \frac{S^2}{L^2}}{\frac{k_1}{2k_2} \cdot \frac{1}{L} + 1} \approx \frac{\frac{k_1}{2k_2 \cdot L} \cdot \frac{S}{L}}{\frac{k_1}{2k_2 \cdot L} + 1} < 1 \text{ 故有: } \frac{d\theta_{//}}{dt} < \frac{d\theta_{\perp}}{dt}。$$

一般人的视角是 120 度，但是用正投影的话，视角一般只能设置到 75 度左右，当物体的线度很大，超出人眼睛的视角范围时，如果没有参考物作对比，匀速运动的物体无论是平行于人眼运动还是垂直于人眼运动，对人来说，运动的物体与静止的物体没有区别。实际生活当中，第三种情况很难出现。

上面的讨论结果表明：人对迎面而来的物体的运动的感知灵敏度不如物体平行于面部运动时那样强烈，也就是说无论有还是没有玻璃，通过汽车前车窗观察车外物体，都会感到物体相对于汽车的运动速度没有从侧面车窗看到的那样快，所以“减速”不是挡风玻璃的功劳，而是人眼睛自身的功能。

（河南安阳师范学院物理系 455000）