

# 袋鼠的跳跃和呼吸

R. McN. Alexander

袋鼠在其跳跃的速度范围内，每跳一次就呼吸一次。Flinders 大学的 Baudinette 及其同事<sup>[1]</sup>用试验证明了这一结果。在试验中，袋鼠在一机动脚踏传动式试验台上跳跃。他们认为，袋鼠的呼吸系统是个机械振子，其呼吸在很大程度上是被动的，由跳跃所驱动。

对于马、狗、长耳大野兔也提出过类似的设想。它们在飞奔时，也是每跨一步就呼吸一次<sup>[2]</sup>。但袋鼠是更方便的研究对象，因为它们只用与运动相位一致的两条腿行进（图1），这样，数据就更容易分析。飞奔的四足动物，每一条腿的运动都跟其他所有的腿的运动相位不同，相应地就使加速和减速的模式复杂化了<sup>[3]</sup>。人的呼吸运动也与其奔跑运动相协调，但一般每两步呼吸一次。



图 1

假设的袋鼠的振子如示意图 2 所示。动物体内的可移动的块体代表腹腔内脏。肺充气

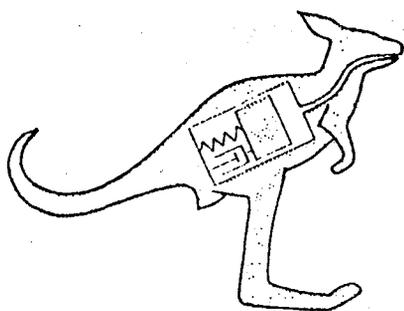


图 2

时，内脏向尾部运动，排气时，内脏向头部运动。上述可移动块体安装在一个弹簧和一个减振器上。此弹簧代表膈膜及其他组织的弹性性质，减振器则代表组织及空气粘性的阻尼作用。这样的图示在工程学教科书里常用来代表加速计及测震计<sup>[4]</sup>。如果弹簧的刚性足够大，使系统的固有频率远高于它的跳跃频率，则内脏就会表现出象个加速计。此时内脏只相对于骨骼作微小运动，并且在任何时刻的位移与身体的加速度成正比。在向前的加速度达到峰值的瞬时，肺最为充

满。然而，当弹簧足够柔软，使内脏的固有频率远小于跳跃频率时，内脏将起减振计的作用。当动物加速和减速时，内脏以几乎恒定的速度运动（等于动物的平均速度）。当动物的行进速度快于其平均速度时，肺将扩大；小于平均速度时，肺将缩小。而当动物在减速度峰值时，其肺最为充满。

还有一种可能性是内脏固有频率与动物的跨步频率大体相等。假如两个频率正好相等，而且动物的加速和减速的曲线是正弦式的，则内脏相对于骨骼的位移便与动物的跳跃速度同

（下转第 179 页）

- 28 Kraichnan R H. *J. Fluid Mech.*, **77** (1976) : 753  
 29 Knobloch E. *J. Fluid Mech.*, **83** (1977) : 129  
 30 Knobloch E. *Ap. J.*, **225** (1978) : 1050  
 31 Cowling T G. *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, **19** (1981) : 115  
 32 Moffatt H K, Proctor M R E. *J. Fluid Mech.*, **154** (1985) : 493  
 33 Yoshimura H. *Ap. J.*, **178** (1972) : 863  
 34 Yoshimura H. *Ap. J. Sup.*, **52** (1983) : 363  
 35 Gilman P A, Miller J. *Ap. J. Sup.*, **46** (1981) : 211  
 36 Gilman P A. *Ap. J. Sup.*, **53** (1983) : 243

## THE CURRENT STATUS OF SOLAR TURBULENT DYNAMO

Tang Ze-mei

(Institute of Mechanics, Academia Sinica)

**Abstract** In this paper, the two-scale analytical method of mean field electrodynamics and some research results, such as  $\alpha$ ,  $\beta$  effects and  $\alpha^2$ ,  $\alpha-\omega$  solar dynamo models, are reviewed. The main difficulties both in observation and in theory are pinpointed, and the other solar dynamo models are briefly described.

**Keywords** Sun; turbulent dynamo

(上接第 292 页) 相位。当动物行进最快时(这时它的加速度当然为零)肺最为充满。遗憾的是,加速度曲线不是正弦式的,情况就较复杂了。当动物的足落地并前进时,它减速并重新又加速;当它的足离地时,它以一个恒定的水平速度分量向前运动<sup>[5]</sup>。(这里我忽略了一个更加复杂的因素:系统同时还受垂直加速度分量的影响。)

对于起加速计作用的系统,隔膜和体壁必须绷得很紧(刚性很大),以致使呼吸运动的幅度很小。对于起减振计作用的系统,隔膜和体壁必须很松弛,以使动物在加速加大(in a prolonged acceleration)时易于将其内脏留在后面。这两种可能性都不是很有吸引力的,它们都不能使人们观察动物呼吸和跳跃之间的相位关系。Baudinette 等在最近的著作中指出<sup>[1]</sup>,袋鼠在足落地时,肺最空;当它跃至最高点之前的一瞬间,肺最为充满。

这种调谐振子的可能性看来预示了一个相当符合实际的相位关系,而且(以不同的减振度)可以给出几乎任何幅度的呼吸运动。这看来是最有希望的可能性,并且还有另外一个证据支持它。在一项气喘研究中,Crawford<sup>[6]</sup>对首尾翘起的,刚刚死亡的狗进行了X光拍照。他观察了其内脏在这两个位置之间运动了多大距离,并计算出内脏振动的固有频率大约为 4 Hz。这一频率小于包含不同振动模式的气喘频率,但是与狗在奔跑时的跨步频率 3.2 Hz 相差不远<sup>[7]</sup>。

尽管袋鼠行进速度由每秒 2 米增加到每秒 9 米,它的跨步频率却增加得很少<sup>[1]</sup>;其行进加速是靠迈更大的跨步来实现的。类似的情况还有,四足哺乳动物在其整个飞奔速度范围内,其跨步频率几乎保持恒定<sup>[7]</sup>。将呼吸系统当作一个调谐振子的概念提供了一个可能的解释:呼吸系统调节到其固有频率下工作时,工作状态良好,而在其他跨步频率下就不行了。

### 参 考 文 献

1. Baudinette, R.V., Gannon, B.J., Runciman, W.B., Wells, S. & Love, J.B. *J. exp. Biol.* **129**, 251-263 (1987).
2. Bunnle, D.M. & Carter, D.R. *Science* **219**, 251-259 (1983).
3. Cavagna, G.A. *et al. Am. J. Physiol.* **233**, R243-R261 (1977).
4. Thomson, W.T. *Theory of Vibration with Applications* 2nd edn (Allen & Unwin, London, 1983).
5. Alexander, R. McN. & Vernon, A. *J. Zool., Lond.* **177**, 265-303 (1975).
6. Crawford, E.C. *J. appl. Physiol.* **17**, 249-251 (1962).
7. Heglund, N., McMahon, T.A. & Taylor, C.R. *Science* **186**, 1112-1113 (1974).
8. Biamble, D.M. *Proc. N. Am. Congr. Biomech.* **1**, 3-4 (1986).

张建华译自: *Nature*, **328** (Aug. 1987): 477. (俞稼梁校)