

拔河史话与力学分析

李 林 石文星

(江汉大学应用物理系, 武汉 430019)

摘要 简述了拔河的历史并从力学角度对拔河进行了探讨与分析, 指出摩擦力和重力矩是拔河中的两个比较重要的力学因素.

关键词 拔河, 历史, 力学分析

拔河是我国古老的民间体育活动. 在六朝时期, 它被称作“施钩”, 隋朝时则称之为“牵钩”, 到了唐代才改称为“拔河”. 当时开展拔河的时间多在春季, 这与农事活动有密切关系, “春来百种戏, 天意在宜秋.” (张说:《奉和圣制观拔河》,《全唐诗》卷 87, 第 944 页). 春天是一年农事活动的开始, 在迷信思想支配地位的古代社会, 人们常用不同的形式来祈求农业的丰收.

拔河, 本来主要在民间流行. 南朝梁简文帝肖纲怯于“群讟歌谣, 振惊远近”的气势, 深恐酿成祸乱, 曾一度下令禁止, 但“禁之而不能绝”(《封氏闻见记校注·拔河》第 49 页). 后来, 拔河也深受宫廷内侍臣与宫女的喜爱, 并常以为嬉. 唐玄宗在位时, 曾举行了一次盛大的拔河比赛, “挽者至千余人, 喧呼动地, 蕃客庶士, 观者莫不震骇. 进士河东薛胜为《拔河赋》. 其词甚美, 时人竞传人.” (见《封氏闻见记》卷六与《唐语林》). 薛胜在《拔河赋》中对这场比赛的目的称之为“名拔河于内, 实耀武于外.” 可见此时拔河的目的已不再局限于迷信活动, 而旨在显示一种精神和力量, 这与今天的拔河或其它体育活动的目的, 已十分接近了.

拔河具有如此悠久的历史, 它始终受到广大人民群众的喜爱. 在大力提倡全民健身运动的今天, 这项古老的民间体育活动, 更因其具有广泛的群众基础, 容易开展以及运动场面的热烈、壮观而格外受到人们的欢迎.

拔河比的是臂力吗? 两个人可通过拉弹簧条决出臂力的大小, 但拔河却不一定是臂力大者取胜. 那么哪些力学因素在拔河中更为关键呢? 本文试从力学角度进行探讨与分析.

图 1 为双方队员拔河时的情景. 通过分析可知: 拔河中队员身体的运动可分为身体重心的平动和绕以

其脚为支点的转动. 现取双方各一名队员为代表进行分析讨论.

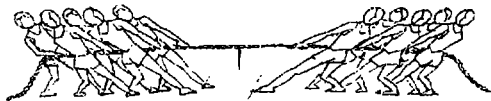


图 1

1 平动时是拉力与摩擦力的较量

图 2 为双方代表拔河时的示意图, 受力分析如图 3 所示. 以 A 为例, A 共受 4 个力的作用: 重力 G_A 、支持力 N_A 、摩擦力 f_A 和 B 对 A 的拉力 T_{BA} . 由于 $G_A = N_A$, 所以平动时主要是拉力与摩擦力之间的较量.

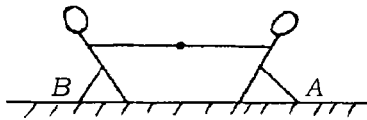


图 2

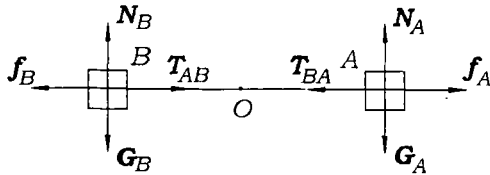


图 3

对绳子的中点 O 而言, 将取决于双方拉力 T 与摩擦力 f 的差 F_A 与 F_B 的大小 (见图 4), 其中

$$F_A = T_{AB} - f_B, \quad F_B = T_{BA} - f_A \quad (1)$$

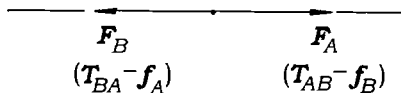


图 4

拉力 T 是弹性力, 它是通过人的肌肉收缩而产生的力量, 它与队员身体的全面素质有关, 是拔河中起决定性作用的力学因素. 在双方拉力非常悬殊的情况下, 肯定是拉力大的一方获胜. 而在拉力相当的条

件下,若能增大摩擦力,就能削弱对方拉力,从而对本方获胜起到积极的保证作用.

增大摩擦力,有两个主要的途径,由 $f = \mu N$ 可知,一个是增加摩擦系数 μ ,另一个是增大正压力 N (支持力的反作用力).

(1) 摩擦系数 μ 与地面的粗糙程度与队员穿着的鞋子有关,而地面的粗糙程度对双方队员都是一样的,无须多加考虑.主要应注意选择摩擦系数较大的橡胶底或车胎底鞋以尽量增大与地面的摩擦.

(2) 由 $N = G = mg$ 可知,正压力 G 与 m 成正比.而拔河比赛是只论人数而不管体重的,因此应抓住这一有利条件,尽可能选择体重大的队员出场参赛,以达到增大摩擦力的目的.

但值得提醒的是,摩擦力是阻力性质,它的主要作用是增加对方的困难.以 A 方获胜为例:若 A 不具备一定的拉力 T_{AB} ,那么哪怕 A 自身体重再大,鞋与地面间的摩擦系数再大,也难以取得主动的胜利,至多令对方拉不动而已.所以确切地说,摩擦力是拔河取胜的重要因素,但不是决定的因素.

2 转动时是拉力矩与重力矩的较量

把拔河的人作为刚体来看待,拔河的队员除了身体的平动以外,还存在着以脚为支点的转动.仍以 A 为例(图 5),可见对其转动起作用的是 B 方对 A 方的拉力 T_{AB} 和 A 的自身重力 G_A 所产生的力矩,而对 A 能产生积极作用的则是重力矩.

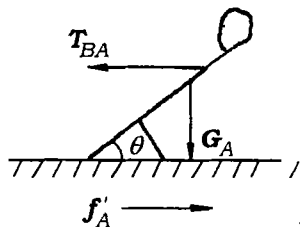


图 5

为了保持身体的平衡和有利,人与地面的倾斜角必须小于 90° ,即后倾状态(图 5).此时脚底与地面产生向后的摩擦力 f'_A ,这将增大对方的困难;若身体与地面的倾斜角 $\theta \geq 90^\circ$,即直立或前倾状态时(图 6),重力矩将不起作用($\theta = 90^\circ$ 时)或起反作用($\theta > 90^\circ$ 时),它将导致身体的进一步前倾,同时还会产生不利于己方的摩擦力 f'_A ,这样将会更迅速地对方拉动.因此,拔河时队员应采取后倾姿势,即图 5 所示状态.下面再对身体在后倾状态($\theta < 90^\circ$)时的情况作进一

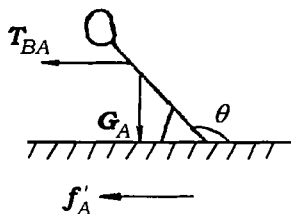


图 6

步的探讨:

设人的身高为 L ,身体与地面的倾斜角为 θ ($\theta > 90^\circ$),如图 7 所示. T_{BA} 与 G_A 的作用点分别在人体的肩部和重心处,大约在身高的 $0.8L$ 和 $0.6L$ 处. T_{BA} 与 G_A 距支点 e 的距离分别为 h 和 l ,当拉力矩与重力矩平衡时,有

$$T_{BA} \cdot h = G_A \cdot l$$

而

$$h = 0.8L \sin \theta, \quad l = 0.6L \cos \theta$$

即

$$T_{BA} 0.8 \sin \theta = G_A 0.6 \cos \theta \quad (2)$$

由式(2)可见,在对方拉力 T_{BA} 一定的条件下,力矩的大小将取决于 G_A 和 θ ,下面分别讨论之.

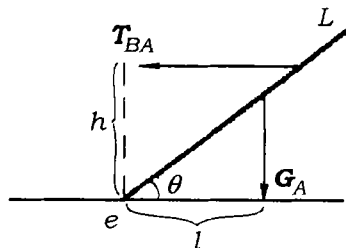


图 7

(1) 重力矩和倾斜角 θ 的关系

正弦、余弦函数的变化规律如图 8 所示.在 $0 \sim 90^\circ$ 范围内, $\sin \theta$ 为升函数, $\cos \theta$ 为降函数,且 θ 越小, $\cos \theta$ 越大,而 $\sin \theta$ 越小.

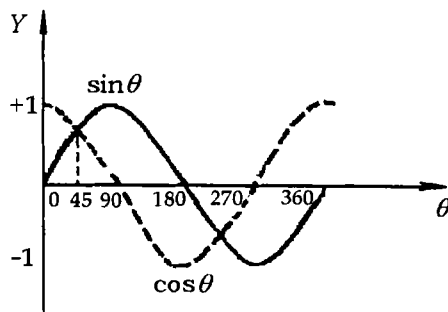


图 8

由式 (2) 可见要发挥重力矩的有利作用, 应保持 θ 在 45° 以下, 因为在此区间内 $\cos \theta > \sin \theta$, 这显然有利于增大重力矩. 当然 θ 也并非越小越好, 在人体的脚背自然绷直, 且保持全脚底接触地面 (增大摩擦力) 的情况下, θ 大约应在 30° 以上.

另外, 由式 (2) 还可导出 θ 与摩擦系数 u 的关系 $\theta = \arctg(k/u)$ (其中 $k = 0.6f_A/0.8T_{BA}$, $f_A = uG_A$). 可见 u 越大, θ 越小, 即在摩擦系数较大 (地面较粗糙) 的情况下, θ 可更小一些; 而在摩擦系数较小 (地面较光滑) 时, θ 应更大一些, 即在地面较光滑时人的身体应该站得更直一些, 这与经验也是相符的.

由以上分析, 可以得出在拔河时身体应取后倾姿势 ($\theta < 90^\circ$), 具体倾角约在 $30^\circ < \theta < 45^\circ$, 但还应根据地面的粗糙程度作出适当调整, 调整范围约在 $30^\circ < \theta < 90^\circ$.

(2) 重力矩与体重的关系

由式 (2) 还可见, 在 T_{BA} 和 θ 一定的条件下, 增加体重 G_A ($G_A = mg$) 也能增大重力矩, 可见大的体重不仅能增大摩擦力, 同时也还有增大重力矩的作用.

综上所述, 可知摩擦力和重力矩是拔河中的两个比较重要的力学因素. 大的体重和适宜的倾斜角, 是增大摩擦力和重力矩的关键, 特别是大的体重分别在平动和转动两个方面都有着积极的作用, 因此从某种意义上来说, 拔河不但是拉力的较量, 同时也是体重的较量, 因此在挑选队员时应应对大体重队员予以足够的重视.

参 考 文 献

- 1 国家体委体育史工作委员会、中国体育史学会编. 中国古代体育史. 北京: 北京体育学院出版社, 1990. 270~271
- 2 赵景员, 王淑贤. 力学. 北京: 高等教育出版社, 1979. 157~161

流 变 学 漫 谈

范 椿

(中国科学院力学研究所, 北京 100080)

摘要 介绍流变学的定义, Bingham 模型, 判断真实材料中弹性和黏性中哪一种性质占优势的无量纲数组组成的力学参数 Deborah 数, 简要回顾流变学的发展, 流变学已经、正在和即将在一些重要工业中起到革命性的影响作用.

关键词 流变学, Bingham 模型, Deborah 数, 工业应用

1 流变学的语源

1920 年间, 美国印地安纳州 Lafayette 学院的 Bingham 教授对油漆、糊状粘土、印刷油墨等的流动性感兴趣, 认识到物质的变形和流动科学的重要性. 1928 年他邀请巴勒斯坦的 Reiner 教授到美国作为访问学者工作一段时间. 在接风洗尘的宴会上, Bingham 对 Reiner 说: “我, 一个化学家, 和你一个土木工程师, 一起工作解决共同的问题, 随着胶体化学的发展, 这种工作方式将会变得更加平常. 因此, 需要建

立一个物理分支来处理这类问题.” Reiner 告诉他, 这样的分支是存在的, 并且作为连续介质力学而被人们所认识. Bingham 认为这样做并不好, 这样会吓跑所有的化学家, 需要给它一个新的名字. 他请教了一位当古典文学教授的同事, 采用了 rheology (流变学) 这个名字. rheo 一词来源于希腊语 rheos (流动) 之意. 公元前 6 世纪, 希腊哲学家 Heraclitus 有句名言 “万物皆流”. 从自然辩证法的观点来说, 自然界的一切物质都在变化, 永远静止的物质是不存在的. rheology 定义为流动和变形的科学. 其中文译名没有简单的译成流动学, 而创造性地译成流变学, 流即流动的意思, 变可以有双关的意思, “变化” 或 “形变”. 按照流变学的定义, “形变” 可能更确切一些.

2 流变学和中国的哲学思想

“万物皆流” 也是古代中国哲人的基本思想之一. 孔子站在河边叹道: “逝者如斯夫, 不舍昼夜”, 将时间的流逝比如流水.

本文于 1999-12-16 收到.