

课题：以弱胜强学拔河

一、学习目标

能将实际的拔河运动进行简化，并用牛顿运动定律的相关知识去分析，在此过程中，体会如何将一个实际问题简化、抽象为一个物理问题。

二、学习内容

拔河是饶有风趣的集体比赛项目。拔河比赛取胜的秘诀何在？是力气大就准能赢吗？

力气大小是确定胜负的基本因素，但是有一些窍门可以帮助你以弱胜强。这一讲我们将利用我们所学的知识来分析一下拔河比赛中的获胜秘密。让我们一起走进“以弱胜强学拔河”。

1. 对于拔河这项运动，很多同学都参加过，那么通过你的亲身体验，你认为自己在拔河比赛中是如何制胜的？你认为要取胜需要具备什么条件？

同学们可能很快就能想到许多因素。例如：①人的质量；②鞋与地面之间的摩擦；③人的力气；④用力的方向；⑤团队协作等。下面我们就从物理学的角度来分析一下这一问题。

图 1 是双方队员拔河的情景。

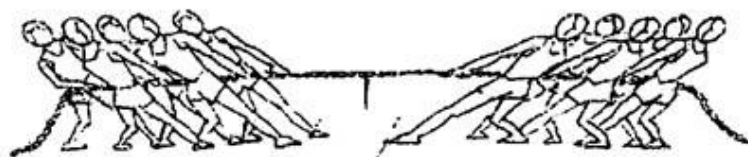


图 1

从拔河胜负的结果来看，负方一般会有三种不同的情况：

(1) 负方队员没有被拉倒，只是队员脚底打滑或者双脚被迫向前移动(或手中绳子打滑)而绳子中点被平拉过分界线；

(2) 负方队员脚底没有滑动，而是被拉得失去平衡、向前翻倒使绳子中点越过分界线；

(3) 负方队员被拉得既有平动又向前翻转而告负。比赛过程中胜负未定之前的双方的反复拉锯式对抗都包含在这三种情况之中。

2. 拔河中的力学知识

实际的拔河是一个比较复杂的力学问题，下面我们对拔河进行一定的简化后，做一下简单的讨论。请看视频：拔河中的力学知识。

3. 思考：

(1) 依照视频中的分析方法，如果取绳子为研究对象进行受力分析，你能发现什么？

(2) 在图 2 中，拔河运动员为什么都把重心压的很低？



图 2

三、推荐阅读

拔河时，运动员的姿势对比赛也有影响，在实际比赛中大多数队员会选择如图所示的重心降低的姿势。这一姿势科学吗？

实际比拔河比赛可简化为图 3， $F_{甲}$ 与 $F_{乙}$ 为作用力和反作用力，大小相等,方向相反。为了方便比较,我们可以先简化条件，认为地面粗糙程度相等，两队队员的质量相等。从拔河比赛过程中,我们知道，比赛输方可能有两种情况，情况一：队员滑动地被拉过去，队员与地面之间为滑动摩擦力。情况二：队员与地面无滑动，由于队员向前倾斜，队员防止被拉倒，队员走着被拉过去，人与地面之间受到静摩擦力。

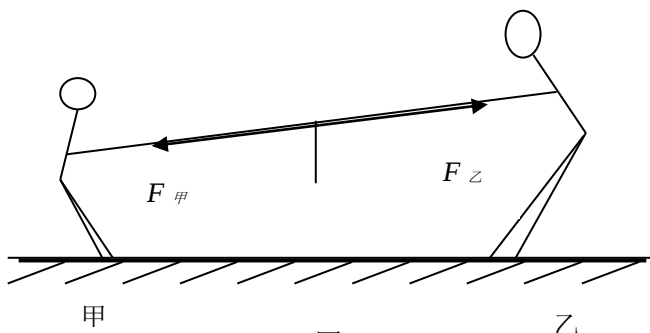


图 3

分析两种拔河比赛获胜的物理原因。

情况一：把输队看作质点，受力分析如图 4,当 $F \cos \alpha > \mu N$ 时，该队被拉动而输掉比赛，若该队重心较低，则拉力 F 斜向上， $N = (G - F \sin \alpha)$ ，支持力小于人的重力，则摩擦力变小。而重心较高的队，拉力向下， $N = (G + F \sin \alpha)$ 。

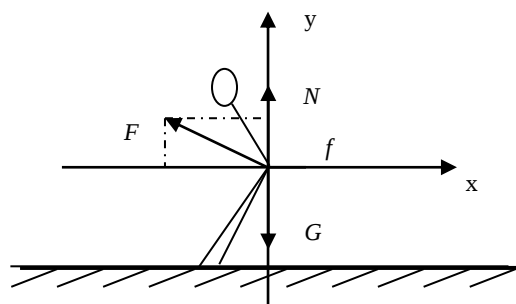


图 4

支持力大于人的重力，则摩擦力也大。

以上分析说明，高重心姿势可以使自身受到的拉力的部分分力垂直向下，对地面产生更大的压力，从而增加了最大静摩擦力，与地面支持力产生的合力更大，使选手能够抗拒更大的拉力。这时若体重相等和地面粗糙程度相同的两组选手分别采用低重心和高重心姿势比赛，则低重心的一方首先会被拉得向前滑动，从而导致比赛失败。

情况二：把人体看作刚体。

人的身体绕脚与地面的接触点转动，对人受力的力矩进行分析，如图 5，拉力 F_1 和 F_2 为相互作用力，大小相等，方向相反。身体向后倾斜大和重心低的人，重力产生的力矩就大，而拉力产生的力矩就小。身体向后倾斜小和重心高的人，重力产生的力矩就小，而拉力产生的力矩就大。当拉力的力矩大于重力的力矩时，人就要向前翻倒，该队队员为了保持平衡而不得不向前移动，从而输掉比赛。

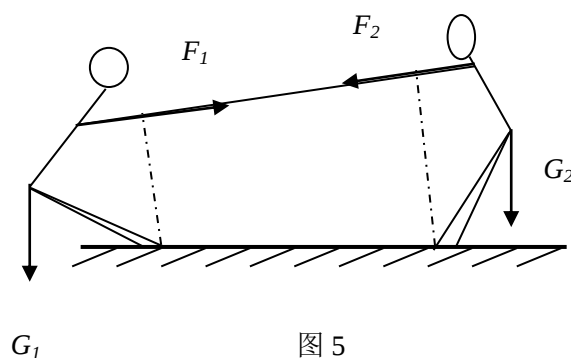


图 5

由此可得出结论，身体向后倾斜大且低重心姿势比身体向后倾斜小且高重心姿势能对抗更大的翻倒力矩。若体重相等的两队拔河，随着拉力不断地增大，采用高重心姿势的队将先被拉得向前倾倒而输掉比赛。

【小知识】

拔河运动在 1900 年第二届法国巴黎奥林匹克运动会中列为正式竞赛项目，直至 1920 年停办。目前拔河是世界运动会的正式竞赛项目之一，并采用世界正式拔河比赛制度。国际拔河协会(Tug of War International Federation)每半年举办由各国国家队参加的世界锦标赛，分为室内及室外举行。协会还同样举办由俱乐部队参加的类似的比赛。