



# 对“晾衣架”平衡问题的探讨

肖 强

(萍乡实验高中 江西 萍乡 337000)

解玉良

(大庆铁人中学 黑龙江 大庆 163411)

(收稿日期:2022-04-12)

**摘要:**首先推导并总结了无风时“晾衣架”模型的动态平衡规律,进而结合新高考的指导思想,利用“等效重力法”推导得出有风时“晾衣架”模型的动态平衡规律.

**关键词:**“晾衣架”;平衡问题;探讨

在高中物理学习过程中,力的平衡问题是高考命题的热点,也是物理教学中的难点,为了使能够快速准确地解答此类问题,结合新高考的指导思想,引导学生从解题向解决问题转变.本文就此问题进行深入探讨,给出解决问题的方法,得出快速解题的结论,望能对大家起到引玉之砖的作用.

## 1 无风时“晾衣架”的平衡

**【例1】**如图1所示,长 $l=5\text{ m}$ 的细绳两端分别系于竖立在地面上相距 $d=4\text{ m}$ 的两杆顶端A、B处,绳上挂一个带光滑挂钩重 $12\text{ N}$ 的物体,保持静止.求:绳的张力多大.

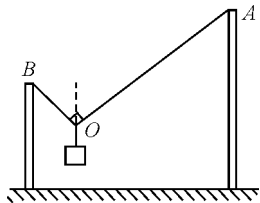


图1 例1题图

**解析:**因为是光滑挂钩所以挂钩两侧绳的拉力相等,设挂钩两侧绳与竖直成 $\theta$ 角,绳的拉力大小为 $F$ .

由图2可见

$$l_1 \sin \theta + l_2 \sin \theta = d$$

即

$$\sin \theta = \frac{d}{l}$$

$$\cos \theta = \frac{\sqrt{l^2 - d^2}}{l}$$

则竖直方向有

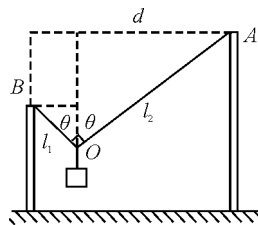
$$2F \cos \theta = mg$$

所以

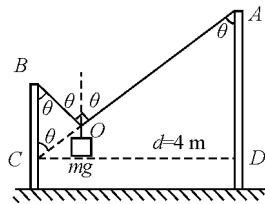
$$F = \frac{mg}{2 \cos \theta} = \frac{mg}{2} \frac{l}{\sqrt{l^2 - d^2}}$$

代入数据得

$$F = 10\text{ N}$$



(a)



(b)

图2 例1分析图示

**规律:**由上式可见拉力 $F$ 的大小只与 $l$ 、 $d$ 及物体的重力有关,与A、B两点的高低无关,即只要 $l$ 、 $d$ 一定绳的拉力不变,当绳长不变时 $d$ 减小 $F$ 减小, $d$ 增大 $F$ 增大.我们把这类问题命名为“晾衣架模型”.

## 2 有风时“晾衣架”的平衡

以上问题是在无风理想情况下的分析与计算,

而实际生活中如果有风力作用时又如何求绳的拉力呢?下面先从最简单的情况入手进行探讨.

### 2.1 固定点等高时

**【例2】**如图3所示,当物体受到水平风力 $F$ 作用时在 $O'$ 点平衡,此时风力 $F$ 与重力的合力 $F_{\text{合}}$ 相当于等效重力.

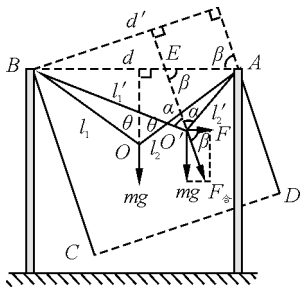


图3 例2题图

在 $\triangle AEO'$ 中由正弦定理

$$\frac{AE}{\sin \alpha} = \frac{l'_2}{\sin \beta} \quad AE = \frac{l'_2 \sin \alpha}{\sin \beta}$$

在 $\triangle BEO'$ 中由正弦定理

$$\frac{BE}{\sin \alpha} = \frac{l'_1}{\sin(\pi - \beta)} = \frac{l'_1}{\sin \beta}$$

$$BE = \frac{l'_1 \sin \alpha}{\sin \beta}$$

$$AE + BE = d$$

由  
得

$$\sin \alpha = \frac{d \sin \beta}{l}$$

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{l^2 - d^2 \sin^2 \beta}}{l}$$

有

$$2F' \cos \alpha = F_{\text{合}}$$

$$F_{\text{合}} = \frac{mg}{\sin \beta} \tag{1}$$

同理得绳的拉力

$$F' = \frac{F_{\text{合}}}{2 \cos \alpha} = \frac{F_{\text{合}}}{2} \frac{l}{\sqrt{l^2 - d^2 \sin^2 \beta}} = \frac{F_{\text{合}}}{2} \frac{l}{\sqrt{l^2 - d'^2}} \tag{2}$$

将式(1)代入式(2)整理,得

$$F' = \frac{F_{\text{合}}}{2} \frac{l}{\sqrt{l^2 - d'^2 \sin^2 \beta}} = \frac{mg}{2 \sin \beta} \frac{l}{\sqrt{l^2 - d'^2 \sin^2 \beta}} =$$

$$\frac{mg}{2} \frac{l}{\sqrt{d^2 \left( \frac{l^2}{d^2} - \sin^2 \beta \right) \sin^2 \beta}} \tag{3}$$

由式(3)可见,当 $\sin^2 \beta = \frac{l^2}{2d^2}$ 时,绳的拉力有最小值

$$F' = mg \frac{d}{l}$$

**规律:**在固定点等高时,当风力从零增大到无穷大(即 $\beta$ 从 $90^\circ \rightarrow 0$ )时,绳的拉力应该是先减小后增大.

### 2.2 固定点不等高时

**【例3】**如图4所示,过 $AB$ 两点作垂线即为以 $FG$ 为地面的另一个晾衣架模型,当 $F_{\text{合}}$ 反向延长线垂直于 $AB$ 时, $BF$ 和 $AG$ 竖直杆的等效间距为 $d'$ 大于 $d$ ,随 $F$ 增大夹角 $\beta$ 的减小,当 $F_{\text{合}}$ 反向延长线垂直于 $BH$ 时, $d''$ 为 $BD$ 和 $HE$ 新晾衣架的等效间距.

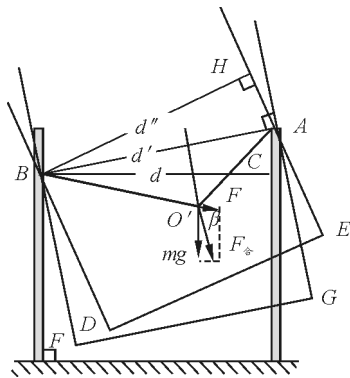


图4 例3题图

**规律:**先求出 $F_{\text{合}}$ ,再求出等效间距 $d'$ ,再由式(2),就可求出(或判断)拉力的大小.

### 3 应用举例

**【例4】**如图5所示,晾晒衣服的绳子两端 $A$ 、 $B$ 分别固定在两根竖直杆上, $A$ 点高于 $B$ 点,原来无风状态下衣服保持静止.某时刻一阵恒定的风吹来,衣服受到水平向右的恒力而发生滑动,并在新的位置保持静止(图5),不计绳子的质量及绳与晾衣架挂钩间的摩擦,下列说法中一定正确的是( )

- A. 有风时,挂钩左右两侧的绳子拉力不相等
- B. 相比无风时,有风的情况下 $\angle AOB$ 大
- C. 无风时,挂钩左右两侧绳子与竖直杆夹角相等
- D. 在有风的情况下, $A$ 点沿杆稍下移到 $C$ 点,绳

子的拉力变小

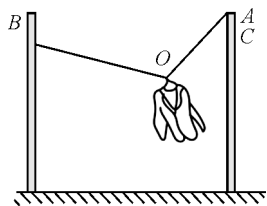


图5 例4题图

解析:

A. 绳子的质量及绳与衣架挂钩间摩擦均忽略不计,挂钩相当于小动滑轮,两侧的拉力一定相等,选项 A 错误.

B. 无风时,根据几何关系可得,  $\sin \theta = \frac{d}{l}$ , 有风时如图 3 所示,  $\sin \alpha = \frac{d \sin \beta}{l}$ , 故有风时  $\angle AOB = 2\alpha$

一定小于  $2\theta$ , 所以选项 B 错误.

C. 无风时,衣服受到重力和两边绳子的拉力处于平衡状态,如图 2 所示,同一条绳子拉力相等,则挂钩左右两侧绳子与竖直方向的夹角相等,选项 C 正确.

D. 当在有风的情况下,如图 4 所示,将绳子的端点从 A 点移到 C 点时,相对于新的等效“晾衣架”,相当于两根杆的间距(小于  $d'$ ) 在减小,即两段绳子之间的夹角变小,重力和风力的合力  $F_{\text{合}}$  不变,所以绳的拉力  $F$  减小, D 正确.

答案: C, D.

综上所述,若要求有水平风力  $F$  作用时绳的拉力,先求出风力  $F$  与重力的合力  $F_{\text{合}}$ , 然后过两个绳的固定点作  $F_{\text{合}}$  的平行线,再求出两条平行线间的等效距离  $d'$ , 由式(2) 很快求得答案.

## Discussion on the Balance of “Clothes Hanger”

XIAO Qiang

(Pingxiang Experimental High School, Pingxiang, Jiangxi 337000)

XIE Yuliang

(Daqing Tieren Senior High School, Daqing, Heilongjiang 163411)

**Abstract:** Firstly, the dynamic balance law of the “clothes hanger” model when there is no wind is derived and summarized, and then combined with the guiding ideology of the new college entrance examination, the dynamic balance law of the “clothes hanger” model when there is wind is derived by using the “equivalent gravity method”.

**Key words:** “clothes hanger”; balance; discuss

(上接第 119 页)

## The Discussion Starting from a Question in Shanghai College Entrance Examination

——Measuring the Universal Gravitation Constant  $G$  Using Simple Pendulum

XU Fangjie

(High School Affiliated to Fudan University, Shanghai 200433)

**Abstract:** Starting from a physics college entrance examination question in Shanghai in 2021, this paper briefly describes the history of measuring the universal gravitational constant  $G$  using simple pendulum. From Newton's idea in the 17th century, the Scherren experiment in the 18th century, to the recent double simple pendulum F-P cavity method, it briefly introduces the development process of measuring  $G$  with single pendulum.

**Key words:** college entrance examination; simple pendulum; universal gravitational constant