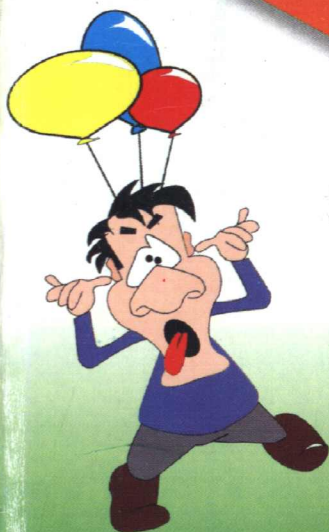


WULI HUANLECHENG

# 物理欢乐城

宣桂鑫 张治国 编著



物 理



宣桂鑫 张治国 编著

上海科技教育出版社

## 物理欢乐城

宣桂鑫 张治国 编著

上海科技教育出版社出版发行

(上海冠生园路 393 号 邮政编码 200233)

各地新华书店经销 常熟市文化印刷厂印刷

开本 850×1168 1/32 印张 4.625 字数 120 000

2001 年 1 月第 1 版 2001 年 1 月第 1 次印刷

印数:1—3 000

ISBN 7-5428-2295-0/O · 273

定价:7.20 元

# 序 言

第三次全国教育工作会议提出了深化教育改革,全面推进素质教育的重要历史任务。全面推进素质教育是教育战线的重点工作,是提高国民素质的必由之路,也是关系社会主义事业兴旺发达和中华民族复兴的大事。

现有的教育往往是通过教师的传授,让受教育者去掌握和记忆一些文化知识,包括物理知识,受教育者所学的内容往往不能与生活实际相联系。其实在我们的日常生活中,许多生活现象、许多高科技产品都可以用简单的物理原理来加以说明。

为了使在学习物理的学生以及学过物理的人们,能运用所学的物理知识,去解释生活中的实际问题,去揭开魔术中的秘密,去破除迷信,去了解一些高科技产品,以达到宣传科学知识的目的,我们编写了本书。

在编写本书的过程中,曾得到德国的 D. K. Nachtigall 教授、H. Harreis 教授和意大利 M. Vicentini 教授的帮助,在此谨致谢意。

宣桂鑫

2000.2

# 目 录

## 序言

|                 |    |
|-----------------|----|
| 1. 滚钉板          | 1  |
| 2. 踩气球          | 10 |
| 3. 口叼自行车        | 14 |
| 4. 蹈火行走         | 17 |
| 5. 油炸手指         | 20 |
| ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ |    |
| 6. 龙卷风          | 23 |
| 7. 雾            | 27 |
| 8. 彩虹           | 31 |
| 9. 芭蕾舞          | 36 |
| 10. 强烈反弹的小球     | 40 |
| 11. 鱼洗          | 45 |
| 12. 我们的音乐会      | 49 |
| 13. 上海大剧院       | 52 |
| 14. 金属均压服       | 55 |
| 15. 电磁炮         | 60 |
| 16. 九龙杯         | 63 |
| 17. 冰透镜         | 66 |
| 18. 魔镜          | 68 |
| 19. 毛玻璃         | 72 |
| 20. 变色“蝴蝶”      | 75 |
| 21. CD唱片        | 78 |
| 22. 摸不到的钻石      | 82 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 23. 电脑立体影视           | 86  |
| 24. 伽耳顿板             | 89  |
| 25. 混沌碗、混沌摆          | 92  |
| 26. 打捞中山舰            | 95  |
| 27. 低温奇观             | 98  |
| 28. 液晶显示             | 105 |
| 29. 高压锅中的学问          | 108 |
| ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★      |     |
| 30. 小魔术种种            | 111 |
| 31. 暗箱种种             | 114 |
| 32. “失重”种种           | 120 |
| 33. 体内照相术种种          | 123 |
| ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★      |     |
| 34. 从黄瓜重心的确定到线路故障的排除 | 126 |
| 35. 从镀膜透镜到隐身技术       | 129 |
| 36. 从自行车的尾灯到激光测距     | 133 |
| 37. 从针孔照相机到数码照相机     | 136 |

# 1. 滚 钉 板

## 精彩的表演

观看精彩的气功表演,常使人感到紧张而欢快。“滚钉板”是气功表演中常见的节目。气功师穿着洁白的武术服装,煞有介事地练完功、运足气,以缓慢的动作仰卧在钉板(确切地说是钉床)上。随后,有人在气功师的胸部慢慢地压上一块大石板,一名徒弟在另两名合作者的搀扶下慢慢地站到石板上,并伸开双臂。这时,观众屏住呼吸,紧张地瞪着双眼看着气功师,为气功师捏着一把汗。紧接着,徒弟从石板上走下,一名合作者抡起大锤,将大石板击碎(见图 1-1)。这时观众发出一声惊呼,并都想知道气功师到底怎样了?只见两名合作者把压在气功师胸部的碎石板搬开,气功师安然无恙地站起并向观众致意。观众如释重负,并发出热烈的掌声。

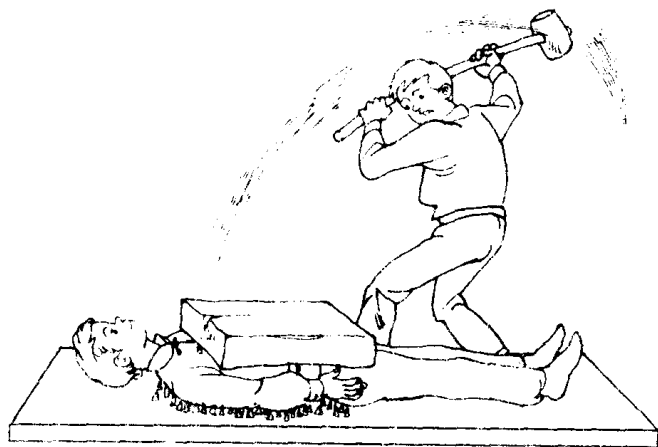


图 1-1

## 做实验

精彩的“滚钉板”表演给观众留下了无限悬念和沉思。我们可以针对气功师表演的“滚钉板”设计实验。表演“滚钉板”时,表演者所受的力主要集中在表演者的胸部、背部,因此,作为实验,我们把模型设计成局域钉板。

### 1. 实验装置

如图 1-2 所示的钉板,它由四个部分构成:母板 1,四块一定形状和大小的垫板 2、3、4 和 5,座板 6 及压胸板(木板、青石板或大理石板)7,它们的几何尺寸如下表。

对于钉板,只有母板 1 上有钉子(镀锌铁钉),且钉子是均匀分布的,钉子的高度基本一致,钉子的直径为 3 毫米、长度为 90 毫

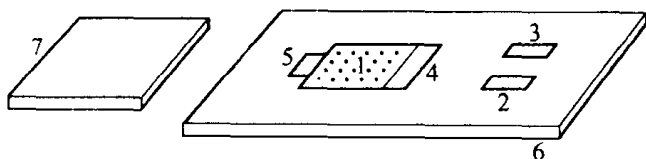


图 1-2

| 名 称     | 几 何 尺 寸                                      |
|---------|----------------------------------------------|
| 母板 1    | 79.5 厘米 $\times$ 47.5 厘米 $\times$ 8.0 厘米     |
| 脚垫板 2、3 | 24.5 厘米 $\times$ 7.5 厘米 $\times$ 9.5 厘米      |
| 腰垫板 4   | 47.5 厘米 $\times$ 12.5 厘米 $\times$ 9.5 厘米     |
| 头垫板 5   | 16.0 厘米 $\times$ 10.5 厘米 $\times$ 15.0 厘米    |
| 座板 6    | 175.5 厘米 $\times$ 92.0 厘米 $\times$ 1.0 厘米    |
| 压胸板 7   | 42.0 厘米 $\times$ 30.0 厘米 $\times$ 5.5 厘米     |
| 压胸板表面积  | $S_1 = 0.42 \text{ 米} \times 0.30 \text{ 米}$ |



米。镀锌铁钉易生锈,所以要涂一层清漆以防生锈。如果采用不锈钢材料制成的钉子则更好。钉板上钉子与钉子之间的距离约为 10 毫米,钉子的总数为  $N = 713$  枚。每枚钉子与人体背部的接触面积为  $S_2 = 1.0 \text{ 毫米} \times 1.0 \text{ 毫米}$ 。

## 2. 仿真实验

在上述实验装置上可以做三个实验:预备实验、静态表演和动态表演。由于做“滚钉板”的实验具有危险性,特别是动态表演,必须在教师或专职人员的指导下进行。

### (1) 预备实验。

为了证明钉板上的钉子是货真价实的,先进行预备实验。如图 1-3 所示,使土豆或苹果从 1 米高处自由下落到钉板上,看土豆或苹果是否被刺穿。

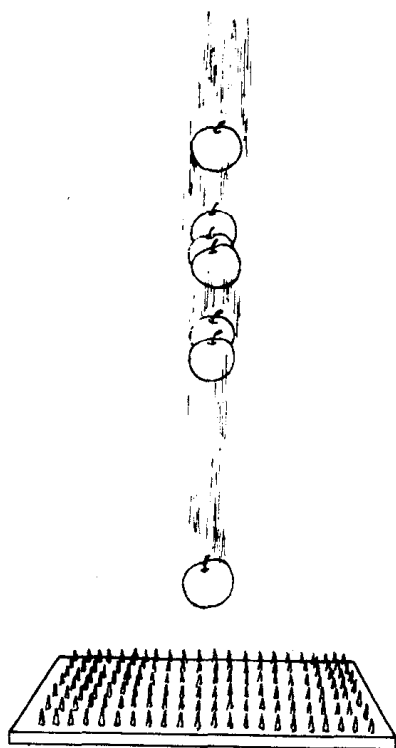


图 1-3

## (2) 静态表演。

如图 1-4 所示,先让表演者仰卧在钉板上,然后在表演者胸部

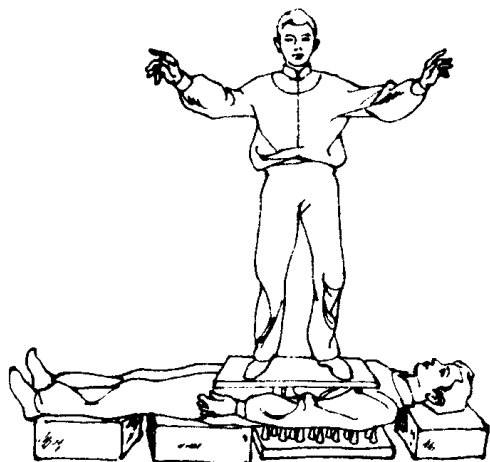


图 1-4

部慢慢地放上压胸板 7 (压胸板宜采用木板,以减轻负荷)。一名合作者在另两人的搀扶下,小心地(几乎以双脚同步平移的方式)站到压胸板上(必须竭力避免对表演者产生额外的冲量)。严禁合作者站在压胸板上乱蹦乱跳。为了保证安全,在做静态表演时,也可用木桩代替站立的合作者,

但是,搬运木桩时,严禁从表演者头部渡越。

## (3) 动态表演。

让表演者仰卧在钉板上,在表演者胸部慢慢放上压胸板 7。在压胸板上放一个木桩,再在木桩上放一块土砖。一名合作者用大锤击碎木桩上的土砖。由于这个实验危险性太大,一般不做。

通过以上三个实验,你一定会觉得很奇怪,怎么自己也成了“气功师”?其实,我们完全可以运用学过的物理知识来揭开“滚钉板”中的奥秘。

## 揭开奥秘

### 1. 静态表演

静态表演中要研究的主要是压力与压强之间的关系。我们来估算一下“滚钉板”时表演者的胸部、背部所受的压力和压强。

设演示用压胸板的质量为  $m_1$ 、滚钉板表演者与钉板接触的上半身的质量为  $m_2$ 、站在压胸板上的人的质量为  $m_3$ 。如有下列数据: $m_1=6$  千克、 $m_2=32$  千克、 $m_3=62$  千克,则:

表演者胸部所受的压力为

$$\begin{aligned} F_1 &= (m_1 + m_3)g = (6 + 62) \times 9.8 \\ &= 666.4(\text{牛}), \end{aligned}$$

表演者胸部所承受的压强为

$$\begin{aligned} p_1 &= \frac{F_1}{S_1} = \frac{666.4}{0.42 \times 0.3} \\ &\approx 5289(\text{帕}), \end{aligned}$$

表演者背部所受的压力为

$$\begin{aligned} F_2 &= (m_1 + m_2 + m_3)g \\ &= (6 + 62 + 32) \times 9.8 \\ &= 980(\text{牛}), \end{aligned}$$

每枚钉子对表演者背部的压力为

$$f_2 = \frac{F_2}{N} = \frac{980}{713} \approx 1.37(\text{牛}),$$

每枚钉子对表演者背部的压强为

$$p_2 = \frac{f_2}{S_2} = \frac{1.37}{0.000001} = 1.37 \times 10^6(\text{帕}).$$

由上面的计算可以知道,在“滚钉板”的过程中,表演者的胸部、背部都受到较大的压力,滋味不好受,但是,每枚钉子对表演者背部产生的压强并不算大,而且是人体所能承受的,所以表演者不会受伤。

在真正的气功表演时,如果表演者躺在一枚直立的钉子上,胸部再直接站一个人,表演者的胸部和背部显然是无法承受的,这是由于人体的胸部、背部单位面积上受到的压力,即压强实在太大了。然而在钉板上钉子分布很密,每枚钉子分担的压力就不太大,使表演者的背部能够承受。如果钉子分布十分密集,那就如同睡在普通的床上。同样,如果在表演者胸部再放一块与胸部面积相仿的木板,表演者胸部的受力情况也就得到了改善,即使在木板上站上一个人,表演者的胸部单位面积上所受的力,即压强也不是太大,这就是物理学上的压力与压强的关系,即压力产生的效果由

单位面积上受到的压力决定。

## 2. 动态表演

至于抡大锤击碎木桩上土砖的动态表演,它反映了动量和冲量的关系。抡起的大锤,在与土砖接触时具有一定的动量,最终土砖、木桩和木板组成的系统动量变成零。由此可估算出表演者胸部受到的平均冲力。此外,再加上锤子所受到的重力,如果表演者顺势运气收胸,使冲力的作用时间延长,就能将冲力调节到表演者胸部所能承受的地步。气功师经过长期锻炼,他们局部可承受的冲击力比一般人大得多。

实际操作时,对于表演者的安全性可作如下估计:

表演者仰卧在铺有海绵垫的地面上,质量  $m = 100$  千克的大石板压在表演者的胸部,合作者抡起质量  $m' = 4$  千克的铁锤打击石板,石板碎裂,而表演者的胸部安然无恙。这是为什么呢?

设铁锤击大石板时的初速度为  $v_0$ ,石板受铁锤打击很容易碎裂,可近似认为它们之间的碰撞是完全非弹性碰撞,因此,石板受击后的速度与铁锤的末速度同为  $v$ ,由动量守恒定律得出

$$(m + m')v = m'v_0,$$

石板获得的动能为

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{mm'}{(m + m')^2} \left( \frac{1}{2}m'v_0^2 \right),$$

因为  $m' \ll m$ , 所以

$$E_k = \frac{m'}{m} \left( \frac{1}{2}m'v_0^2 \right)。$$

经估算这一数值是不太大的。令抡锤的动作起到相当于锤从  $H = 2.5$  米高处自由下落的作用,即

$$\frac{1}{2}m'v_0^2 = m'gH = 98(\text{焦})。$$

将  $m' = 4$  千克、 $m = 100$  千克和上式代入前式,得

$$E_k = 3.92(\text{焦})。$$

如果考虑到铁锤与石板之间的碰撞并不是完全非弹性碰撞,用恢

复系数  $e$  表示,则由动量守恒定律可知,修正后石板获得的动能为

$$E'_k \approx (1 + e)^2 \frac{m'}{m} \left( \frac{1}{2} m' v_0^2 \right),$$

令恢复系数  $e = 0.5$ ,则石板获得的动能修正为

$$E'_k = 8.82(\text{焦}).$$

再来估算一下表演者胸部肋骨所能承受的动能极限数值。质量为  $m$  的大石板压在表演者的胸部,表演者的肋骨依托于紧张的胸肌支承的静压力为  $mg$ 。对于表演者来说,允许支承的静压力存在着极限值,超过极限值,肋骨会被压断。大石板被缓慢地放在表演者的胸部上,这是一个逐渐增大压力的过程,在这个压力作用下,表演者胸部向下平移了一定的距离,我们可以估算一下压力做的功。

设胸部肋骨所能支承的最大平均压力为 3920 牛,用这个力使胸部压缩 15 毫米后,肋骨就会被压断,那么造成受伤致残的功为

$$W = 3920 \times 0.015 = 58.80(\text{焦}).$$

如果铁锤打击后,大石板获得 58.80 焦的动能,就有可能产生伤害事故。然而,根据上面的计算,铁锤打击大石板后,大石板获得的动能值仅为 8.82 焦,只是极限值 58.80 焦的六分之一左右,所以表演者还是比较安全的。

可见,只要表演者仰卧时胸部能挺得住 100 千克大石板的重压,一般来说也就能挺得住 4 千克铁锤对大石板的奋力一击。

当然,实际情况远比估算的复杂,从物理学的定性分析来看,气功表演者的安全系数与下列因素有关:第一,表演者要能承受较大的静态压力,即  $mg$ ,随后才是动态的冲击;第二, $m$  与  $m'$  的比值要大一些,即石板要重,锤子要轻,如果  $m = m'$ ,那么表演者将不堪一击;第三,恢复系数  $e$  也扮演了重要角色,如果铁锤打击大石板是完全弹性碰撞的理想情况,即  $e = 1$ ,则  $E'_k$  将是完全非弹性碰撞时的 4 倍。

通过以上的实验和解释,你也许会恍然大悟:哦,原来气功师并没有什么特异功能。气功师的表演固然出神入化,甚至有点不

可思议,但经过层层剖析仍可找出其中包含的科学道理。不过话又要说回来,气功表演中的掌断钢板、脚断钢柱、头碰石碑、汽车过人、银枪刺喉、颈缠钢筋、钉床开石、双风灌耳、掌指碎石、腹顶钢叉等硬气功惊险动人,关键还在于表演者表演时要动员身体的相应部位处于一种特殊状态,这种状态把集中的力量分散给每个细胞来承担,于是每个细胞的潜力得到充分发挥,不经过长期艰苦而得法的磨炼是做不到这一点的。从这一点来讲,气功师具有超强的力量、高度的灵巧,非普通人所能及。气功表演确有使人折服的“魔力”。

上述“滚钉板”实验,一来实验器材不易制备,二来实验本身带

有危险性,不便于实地尝试。我们可以做两个简易实验,它们与上述实验有异曲同工之妙。

如图 1-5 所示,在泡沫塑料板上根据鸡蛋的大小挖四个凹坑(四个凹坑分别处在长方形的四个顶点)。把 4 枚鸡蛋竖放在四个凹坑内(注意,蛋的高度要一致)。再在每枚鸡蛋上垫一块毛巾手帕,在毛巾手帕上搁一块薄木板,在木板中央叠放四块红砖。最后手持质量为 300 克的铁锤猛击红砖,结果红砖碎而鸡蛋不碎。

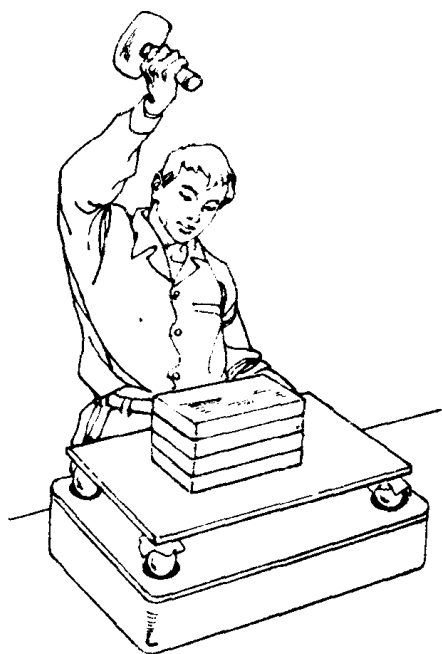


图 1-5

如图 1-6 所示,将三块砖叠放在一起,并在下面两块砖之间放上兰花豆腐干,在最下面的一块砖下垫两根铁条,使砖架空。然后手持质量为 300 克的铁锤猛击最上面的砖,结果三块砖都碎了,而兰花豆腐干依然如故。



图 1-6

让我们分析一下上面两个简易实验中所包含的物理原理。铁锤击中砖块时,砖块受到的冲量很大。而冲量等于冲力与作用时间的乘积,也就是说,冲量一定时,冲力与作用时间成反比。砖是刚性的,铁锤击砖的作用时间极短,砖承受的冲力很大,砖在很大的冲力作用下碎裂了。而夹在泡沫塑料与毛巾手帕之间的鸡蛋,以及柔软的海绵状的兰花豆腐干,对重击都有一定的缓冲时间,作用时间较长,所受到的冲力就较小,也就不易碎裂。

“滚钉板”实验告诉我们,压力和压强是两个不同的物理概念。其实,在生活中对压力与压强的关系这一物理原理的应用屡见不鲜,如大型拖拉机和坦克,在轮子上装上履带就大大增加了它们与地面之间的接触面积,也就减小了它们对地面的压强;又如质量为125400吨的东方明珠电视塔,仅由三根斜柱、三根直柱支撑着,但是它有面积相当大的地基,通过地基增大了地面的受力面积,使地面所承受的压强得到了减小,这就保证了东方明珠电视塔稳稳地矗立在黄浦江畔。

## 2. 踩 气 球

### 精彩的表演

在杂技场上我们经常会看到一种“轻功”——踩气球表演。如果有人告诉你,不会“轻功”的人也能表演“踩气球”,你会相信吗?上海东方电视台的《科学欢乐城》栏目曾播出过这一节目。当一个体态轻盈的少女在两位助手的搀扶下踩在一只看起来很普通的气球上时,气球却安然无恙。这位少女真的有“轻功”吗?

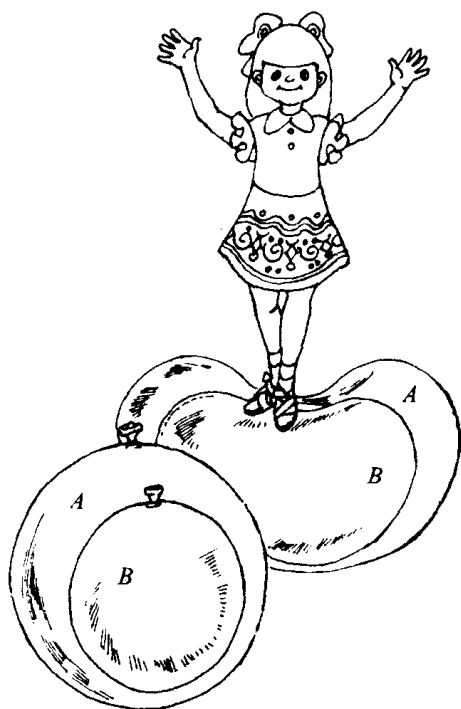


图 2-1



## 做实验

如图 2-1 所示,取一只直径为 80 厘米的红色气球 A,在气球 A 的内部嵌套一只直径为 60 厘米的气球 B。先用打气筒把气球 B 充满气,并结扎好。然后给气球 A 充满气,也结扎好,并让气球 B 在气球 A 中处于游离状态。这样就制成了一种特殊结构的“双层壁气球”。一位同学在另两位同学的搀扶下平稳地将双脚同时移到双层壁气球上,并伸开双臂。双层壁气球变得中间凹陷下去,边缘鼓起来,却不会破裂。

实验时应注意:首先,双脚必须同时并且缓慢地踩住气球;其次,应防止气球在地面上滚动而引起的压强梯度过大。

再做一个实验:将直径为 80 厘米的充满气的气球放在海绵垫子上,在气球上放一块木板,将一重物,如哑铃、铅球或保龄球放在木板上,可以看到气球并没有被压破。再将木板、哑铃、铅球或保龄球过秤,读数出乎意料,质量竟达 80 千克左右。为了防止放重物时气球滚动,也可将气球放在一口大铁锅中做实验。

## 揭开奥秘

生活经验告诉我们,气球是一踩就破的。然而我们一般不会对气球爆裂的原因作科学的分析。原来,气球在重压下爆裂,不仅仅是由于气球所受的压强过大,而且是由于球体上压强分布的不均匀所造成的压强梯度过大。压强梯度的存在导致了球体各处的形变不均匀,而且形变过大的地方,气球膜变薄,使得该处的张力超过了气球薄膜所能承受的极限,最终导致了气球的破裂。另外,表演时缓慢地站在气球上这一点大有讲究,站在气球上和用力踩气球其效应是截然不同的,就如挥舞锤子不难把钉子钉入木板,而把锤子轻轻地搁在钉子上无法把钉子钉入木板一样。

我们可以将“踩气球”表演之所以能成功的原因作如下分析:如图 2-1 所示,当人踩在气球 A 上时,气球 A、气球 B 都发生了