



体育运动中的力学道理



WANKEXUE XIAOCONGSHU

自然科学小丛书

北京出版社

自然科学小丛书

体育运动中的力学道理

张三慧 杨 朴

北京出版社

自然科学小丛书
体育运动中的力学道理
张三慧 杨 朴

北京出版社出版
(北京崇文门外东兴隆街51号)
新华书店北京发行所发行
北京印刷二厂印刷

787×1092毫米 32开本 1.75印张 28,000字
1982年6月第1版 1982年6月第1次印刷
印数 1—12,700

书号: 13071·140 定价: 0.15元

编辑说明

《自然科学小丛书》是综合性科学普及读物，包括数学、物理、化学、天文、地学、生物、航空和无线电电子等学科。主要介绍这些学科的基础知识，以及现代科学技术成就。编写上力求深入浅出，通俗易懂，使它具有思想性、知识性和趣味性，可以作为中学的课外辅导读物，并适合具有初中文化水平的广大读者阅读。

目 录

- 一 牛顿定律和运动 (2)
球的运动和牛顿第一、第二定律(2) 跑跳和牛
顿第三定律(7) 拔河是怎样分出胜负的?(11)
- 二 各种形式的抛射体运动 (13)
关于抛射体运动的规律(13) 器械在空中的飞行
(14) 人体在空中的抛物线(18)
- 三 圆运动和转动规律的应用 (20)
圆运动和向心力(20) 人体为什么要倾斜?(22)
赛车场的特殊形状(24) 铁饼为什么不翻转(25)
跑步时为什么要屈臂(27) 缩得越紧,转得越快
(29)
- 四 重心和运动 (32)
重心概念(32) 优美的平衡姿势(34) 重心沿抛
物线运动(35) 重心和跳高成绩(37)
- 五 空气流对球类飞行的影响 (40)
旋涡与阻力(40) 捉摸不定的飘球(42) 流速与
侧压力(44) 弧圈球的秘密(45)

同志，你喜欢跑呀，跳呀，掷铅球和铁饼等田径运动吗？你的专项成绩是多少？

你还很喜欢球类活动吧！是足球，篮球？还是排球，乒乓球？球类活动要求的技术很高，不只需要用力而且需要灵巧。例如，射门和投篮就既要求有力又要求准确。排球发球好，可以使对方一传失误。乒乓球的各种旋转球，可以给对方造成很大的威胁……

夏天的游泳，赛艇；冬天的滑雪，溜冰也都是你所喜爱的运动吧！

体育运动是多种多样的。每个人的爱好不同，所选择的项目也不同。但是你可曾想过：无论哪个姿势的采取，哪种器械的使用，哪种球类的控制，都是有一定的科学道理的。体育运动中的科学道理涉及很多方面，其中很重要的一部分是力学的道理。为了帮助你提高对体育运动的兴趣，正确地进行锻炼，更快地提高运动成绩，让我们来介绍一些体育运动中的力学道理。

一 牛顿定律和运动

球的运动和牛顿第一、第二定律

力学的基本规律有三条，因为是英国科学家牛顿首先总结出来的，所以叫做牛顿三定律。

1 牛顿第一定律说的是：一切物体，不受外力作用时，静止的物体将继续保持静止；已在运动的物体将保持速度不变，沿原来的方向继续运动。这就是说，静止的物体要保持静止，运动着的物体要保持继续运动。物体的这种性质叫做物体的惯性。

体育运动中很容易观察到物体的惯性。停在操场上的足球，不受脚踢风吹或其他外力，它是不会自己动的。这就是静止物体的惯性的表现。百米赛跑的运动员，在到达终点时，不能立即停下来，是因为它要继续保持向前运动的缘故。这就是运动物体的惯性的表现。

牛顿第一定律说明了不受力时物体运动的情况。

第二定律则说明了物体受力时的运动规律。我们知道，物体受力时就要改变速度。其中或是改变速度的大小，如加快或减慢；或是改变速度的方向，即偏离原来的方向前进。速度改变的快慢叫加速度，短时间内速度改变很大，就是加速度大；较长时间速度改变不明显，就是加速度小。牛顿第二定律表述为物体受力时产生的加速度和它所受的外力成正比，和物体本身的质量成反比。物体受的力越大，加速度越大，速度改变得越快。在同样外力作用下，物体的质量越大，则加速度越小。

牛顿第二定律的意义可以用数学式子表示出来。设物体的质量为 m ，在运动中它的速度从 v_1 经过时间 t 增大为 v_2 ，如以 a 表示加速度，那么

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t}$$

以 F 表示它受的力，则牛顿第二定律用公式表示就是

$$a = \frac{F}{m}$$

$$\text{或 } F = ma$$

如果物体从静止开始起动，则最初速度 $v_1 = 0$ ，加速度就是 $a = v_2/t$ ，代入上式可得

$$v_2 = \frac{Ft}{m}$$

这说明力使物体起动后的速度不但和力以及质量的大小有关,还和力作用的时间有关。力作用的时间越长,则物体最后获得的速度越大。

如果物体原来是运动着的,经过一段时间停下来了,则 $v_2=0$ 。那么由上面的式子可得出 $a=-v_1/t$,即加速度为负值,这表示在制动过程中物体的速度实际上是逐渐减小的。这时牛顿第二定律给出:

$$F = -\frac{mv_1}{t}$$

这个结果,力是负值表示物体所受的力的方向和运动速度的方向相反。这种力是制动力,会使运动的物体停下来。这个式子还说明,使物体停下来,所需要的制动力和物体的质量以及它原来运动的速度都成正比,和停下来所用的时间成反比。

现在我们用牛顿第二定律来说明体育运动中的一些现象。在体育运动中,不论是跑、跳、体操、打球、投掷、游泳、溜冰等,都是在不断地改变物体(包括人体自身)的运动,忽止忽行,忽快忽慢,忽上忽下,忽西忽东。在所有这些情况下,都是靠用力来改变物体的速度的。拿推铅球来说,原来静止在手里的铅球,因受手的推力而从静止起动,经过一定时间(也就是运动员向前滑步,转体,手臂前推,拨球,到球出

手这一段时间)的加速,铅球便获得了一定的速度。离开手后,它就能由于运动的惯性而继续向前飞行。只是由于重力向下的作用,它的运动方向和速度大小才不断改变,最后落在地上(图1)。推铅球时,用的力越大,加速度就越大;这时如果再尽可能延长手推球的时间,那么球出手的速度也就越大,球就会被抛得越远。

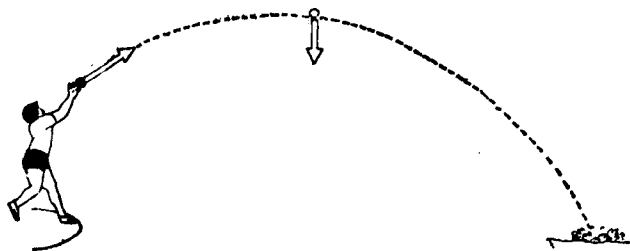


图 1

球类运动,如排球、棒球等都有发球过程。发球也是使球由静变动,也都需要力。发球一般都是通过打击而完成的。手(或脚)或器械(如球拍,球棒)对球的作用时间很短,在这样短的时间内,要使球的速度有很大的改变,那就必须用很大的力才行。不论具体方式或快慢多么不同,这和推铅球的过程是一样的。都是要用大力使球产生较大的加速度,并经过一段时间(尽管这时间很短)使球获得一定的速度,然

后靠球的自身运动的惯性向前飞去。

接球和发球的过程相反，是使运动的球停下来。这时必须对球施加和它速度方向相反的力，手接棒球或篮球都是这个过程。用手接球，实际上就是用手来对球加力，使它产生负加速度而停下来。如果想使球很快地停下来，就要用大力来阻止球的运动。

有的球，“接球”并不是要使球停下来，而是要把球反弹回去，如排球、乒乓球的接球就是这样。这种接球，实际上是改变球的运动方向。扣球、反击、用棒击球都是改变球的运动方向的过程。在所有这些过程中，都有力作用于球，而且由于这时速度的改变，常常要比发球或使球停止的接球更为激烈（因为这时要使快速飞来的球变为快速飞离），所以常常需要更大的力（图2）。

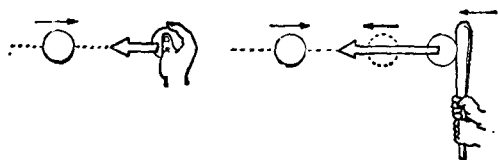


图 2

上面只说了球的运动速度的改变和它们所受的力的关系。至于运动速度和球的质量的关系则是很明显地符合牛顿第二定律的。例如，用同样的力推铅球，铅球的质量越小，投出手的速度就越大，投得也越远。

跑跳和牛顿第三定律

球作为一个物体由静到动，需要外力的作用，这是一个客观的规律，即要服从牛顿第一、第二定律。从广泛的意义来说，人也是物体，也要服从这些客观规律。那么人的由静到动，例如百米运动员的起跑，是谁在推他们起动的呢？我们并没有看到别人推他们呀！

要明白这里面的道理，需要懂得另一条力学的基本规律——牛顿第三定律。这条定律说的是：力总是相互作用的。甲物体对乙物体有作用力的同时，乙物体必然对甲物体有反作用力，作用力和反作用力大小相等，方向相反。

说明这条定律的实例是很多的。例如你踢球时，球因受脚的向前的作用力飞奔而去，同时你的脚也感到了球对脚的向后的撞击力。当你猛力射门时，脚对球的作用力很大，同时球对脚的撞击力也是很大的。打排球发球时，在你向前击球的同时，手也会感到排球向后的撞击力；扣球时，手对球的作用力很大，同时球对手也有很大的撞击力。铅球落在地上，对地的作用力，使地面形成一个凹坑，同时地面也对铅球有反作用力，使铅球停了下来，等等。这些例子都说明作用力和反作用力同时存在，并且是大小相等，方向相反的。

明白了作用力和反作用力的关系，就可以了解跑跳的道理了。

先说向前走，是什么力推动人向前的呢？你仔细体会一下就会发现，每走一步时，后面的那只脚，总是要向后蹬一下地面，与此同时，这只脚也受到地面对它的向前的反作用力，正是这个反作用力，推动人向前移去。为了向前走，必须向后蹬，这就是走步向前的基本道理。在沙窝里走是很吃力的，这是因为向后蹬砂子时，砂子散开了，使不上劲，也就是脚不容易给砂子多大的力，因而砂子对脚的反作用力也就很小。向前的推力小，人自然也就感到很吃力了。

再说跑步。跑步和走步一样，向前跑时，后面那只脚就必须向后蹬地，这时地面产生的向前的反作用力就是跑步的动力。当然跑步时，向后蹬的力比较大，因而地面的反作用力也比较大；同时两腿交替的次数也更为频繁，因此就能更快地前进。

反作用力更为明显的应用是短距离赛跑的起跑，这时运动员都用起跑器。它是

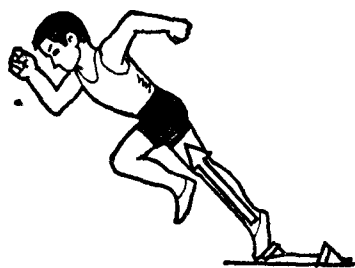


图 3

固定在起跑线后的两块斜板，运动员的脚正好蹬在斜板上。枪声一响，运动员猛力向斜后蹬起跑器，这时，根据牛顿第三定律，起跑器也就以大小相等、方向相反的反作用力推人向前上方。正是这个反作用推力，使人象离弦的箭似的向前冲去（图3）。

跳高运动员在竿前腾空而起，靠的也是地面的反作用力。起跳时，运动员向下蹬地，地面对他的反作用力使他上升。向下蹬地的力越大，地面对他的反作用力也越大，他也就跳得越高。

体育运动中运动员的前进，几乎都是靠的反作用力。例如：游泳运动员的前进，是靠用手臂向后划水或用腿向后蹬水和夹水。这时水对手臂或腿的反作用力，推动人体向前。赛艇的前进是靠运动员用桨向后划水时，水对桨的向前的反作用力。滑冰者的前进，是靠左右脚交替地用冰刀向侧后方蹬冰而引起的反作用力。当要停止时，他可以把冰刀向前一横。这时冰刀对冰面的力刮下一层冰屑，同时冰面就对冰刀产生反作用力，使滑冰者很快的停下来。

在上面的例子中，全是利用反作用力为动力的。因此需要尽可能增大作用力，以便获得更大的反作用力。但有时反作用力是有害的，那就需要尽可能地减小它。例如接垒球时，要使高速飞来的垒球停在手

中，就需要手用较大的力来制动它。根据牛顿第三定律，在制动过程中，它就要对手有很大的反作用撞击力。为了避免人手受伤，运动员就带上厚皮手套。不但如此，运动员在接球时，手臂还要及时地向后缩一下。这样就增加了制动的的时间，从而减小了球停止前的加速度。根据牛顿第二定律，这样球需要的制动力就小了。手对球的力小了，球对手的撞击力也就小了，这样就能比较安全地接住球了。

跳高或撑竿跳的坑内要铺上厚厚的海绵垫，其道

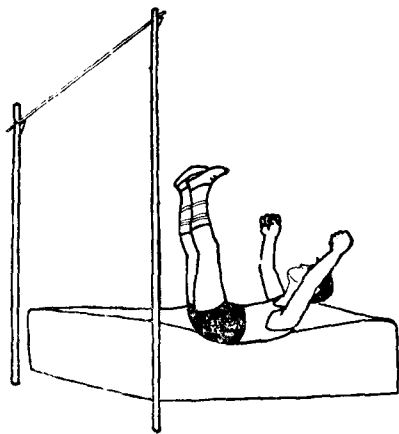


图 4

理也是如此。运动员从高处落下，如果接触的是地面，他将在很短的时间内停止，制动得这样快，是地面对他的很大的撞击力作用的结果。这撞击力会使运动员受伤。铺上厚海绵垫，能延长制动时

间，因而就能减小运动员受到的撞击力，运动员自然也能安全地着地了（图 4）。

拔河是怎样分出胜负的？

对牛顿第三定律，常常有下面的错误理解，认为作用力和反作用力大小相等，方向相反，会互相抵消。其实这两个力是不会互相抵消的。因为这两个力是分别作用在不同的物体上的。脚踢足球，作用力施加在足球上，球受此力腾空而起；反作用力作用在脚上，脚受此力微微作疼。这两个力各有各的效果，是根本谈不上抵消的。

可是，有的人错误地认为，作用力和反作用力会互相抵消，因此总是想不通拔河比赛为什么能分出胜负？他们觉得，你拉我的力和我拉你的力总是相等的，那不就总是平衡，而分不出胜负了吗？有的人甚至根据拔河比赛总要有一方战胜的事实，怀疑起牛顿第三定律的正确性来了。其实，是他自己理解错了。

在拔河比赛中，甲队拉乙队的力和乙队拉甲队的力，的确是完全相等而方向相反的。所以能分出胜负不能只是考虑这两个力的作用。

在拔河比赛中，两队的运动员，都是紧握绳子，身体向后倾斜，两脚向前蹬地。由于两脚向前蹬地，地面就会对脚有向后的反作用力。如果这一队由蹬地而引起的向后的反作用力比另一队拉他们向前的力

大，这一队就要后退，他们就胜利了（图5）。另一队这时因为受到向前的拉力比受到地面的向后的反作用力大，他们就要向前移，所以就失败了。在这里地面对脚的反作用力起着决定性作用。如果脚不着地，或这一边穿的鞋鞋底较平滑，地面也比较光滑，那么反作用力一定不大，肯定这一边是要输给对方的。正是因为这个原因，所以在比赛时要规定：两队都要穿一样的鞋子，而且要交换场地。这样两边的条件才能相

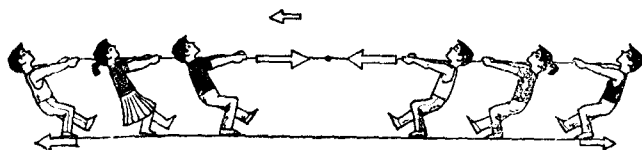


图 5

等。在这种情况下，两队中谁能胜利，就要看那一队排得整齐，齐心协力作得更好了。那一队绳子拉得越直，每个人的拉力和蹬地的力越是近乎一条直线，他们的合力就越大，他们取胜的可能性也就越大了。

从以上的说明来看，体育运动和力的作用是分不开的。有时利用作用力，有时又利用反作用力。巧妙地运用作用力和反作用力，就能产生各种各样有力而优美的动作，创造出许多优异的成绩。