

体育实用力学基础知识

体育实用力学 基础知识



人民体育出版社

17804.6.1

0804.6.1/5

体育实用力学基础知识

袁庆成 编著

人民体育出版社

体育实用力学基础知识

袁庆成 编著

人 民 体 育 出 版 社 出 版

天津市第一印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

1976年4月第1版 1976年4月第1次印刷

印数：1—90,000册

统一书号：7015·1466 定价：0.28元

毛主席语录

对立统一规律是宇宙的根本规律。这个规律，不论在自然界、人类社会和人们的思想中，都是普遍存在的。

人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然里得到自由。

发展体育运动，增强人民体质。

前 言

在物体的各种各样、千变万化的运动中，有一类是我们日常生活中经常遇到的，这就是一个物体相对于其它物体的位置的变动，这类运动叫做机械运动（以下简称运动）。力学就是研究机械运动规律的一门科学。

体育运动中也包含着大量的机械运动，如人体和地球的相对位置的变动，人体各部位间相对位置的变动，人体相对器械间和位置的变动等，都是机械运动。由此可见，我们从事体育运动时，制约身体运动的多种规律中，也包含着丰富的力学内容。因此，学点力学知识，掌握人体运动的力学规律，对于广大工农兵更好地为革命锻炼身体，及提高运动技术水平都是有帮助的。

本书仅就和体育运动有关的一些力学基础知识，作一简要的介绍，供体育教师、教练员、运动员和广大体育爱好者参考。

由于编者水平所限，书中难免有缺点和错误，欢迎读者批评指正。

目 录

质点、刚体和人体	1
力	4
作用力和反作用力	7
几种常见的力	10
力的合成和分解	14
力 矩	16
杠 杆	18
力 偶	23
重 心	25
平 衡	29
运 动	34
直线运动的速度和加速度	40
圆周运动的速度和加速度	46
斜抛物体运动	51
转动的角速度和角加速度	54
力和运动	57
向心力和离心力	62
外力和内力	65
动量和冲量	70
动量守恒定律及其应用	74
功和能量	77
机械能转化和守恒定律及其应用	82
转动动力学的几个问题	85
流体力学的几个问题	93

质点、刚体和人体

宇宙间做机械运动的物体是非常多的，多得难以数尽，而且，这些物体的物理性质也是各不相同的。我们研究物体受力和运动时，如果把物体的物理性质都考虑在内，问题将是很复杂的。为了便于研究问题，必须把物体性质中对受力和运动不发生影响或影响较小的因素略去不计，而只考虑其力学性质。这样，我们可以把做机械运动的各种物体，归结为质点和刚体这两种抽象的研究对象。

把做机械运动的各种物体归结为质点和刚体，这是从特殊到一般的认识过程。人体是有生命的有机体，既不是质点，也不是刚体。可是，当从力学角度研究人体运动时，为了突出所要解决的主要矛盾，可以有条件地把人体看作是质点或刚体。用质点和刚体运动的力学规律，联系体育实际说明人体运动的力学规律，这是从一般到特殊的认识过程。对人体在体育活动中所使用的器械，如铅球、铁饼和标枪等，也可以有条件地看作是质点或刚体。

所谓质点，就是把物体设想为没有大小和形状，而只具有一定质量的几何点。例如，我们研究地球围绕太阳旋转的问题时，因为地球的半径比它离开太阳的距离小得多，可以

忽略不计，所以我们就把地球看作是质点。又如，研究运动员跑百米时，如果我们要了解的只是运动员在跑道上移动的路程和时间的关系，求其运动的速度和速度变化的情况，而不考虑其大小和形状，就可以把运动员的身体看作是质点。再如，研究运动员掷铁饼时，如果我们要了解的只是投掷角度和铁饼飞行的远度，而不研究其它因素对铁饼的作用时，也可以把铁饼看作是质点。互相之间有联系的许多质点，叫做质点系。例如，太阳和围绕太阳旋转的各星球，就可以认为是一个质点系。人体是由头、颈、躯干、上臂、前臂、手、大腿、小腿、足这些环节组成的，人体各环节的运动和整个人体的运动紧密的联系着。根据我们所要研究的问题性质，如果分别把人体各环节都看作是质点的话，那么，就可以把整个人体看作是一个质点系。

所谓刚体，是把物体设想为在外力的作用下，不改变它的大小和形状，或者说，组成物体的任何两个质点间的距离不因外力而改变。实际上，任何物体（即便是最硬的钢铁铸件）在力的作用下总要发生或多或少的变形，但对那些变形很微小的物体，因为它的变形对所要研究的问题没有多大影响，所以常将物体变形略去不计，当作刚体来研究。我们可以把刚体看作是由无数个质点所组成的、其中各质点间的距离是保持不变的质点系。人体各环节是可以在一定限度内移动的，人体姿势是可以改变的，本来不是刚体。但是，由于骨骼具有固定的形状，并且可以借助肌肉的力量将人体维持成一定的姿势，因而，研究人体运动时，也可以有条件地把整个人体或人体各环节作为刚体来看待。对于运动员使用

的铅球、铁饼和标枪等器械，在一定条件下也可以作为刚体来看待。

上面所说的质点和刚体，是把真实物体在一定条件下抽象的结果。经过抽象而得的质点和刚体，虽然和真实物体不完全相同，但是，却更本质地反映了客观物体在机械运动中的性质。在对物体作这样的抽象时，条件是重要的。对同样的物体，在不同的条件下作出不同的抽象才是合理的、正确的。例如，运动员跑百米时，如果只研究运动的速度问题，就可以把人体看作是质点；而研究人体转动或流体（空气、水）阻力对人体运动的影响等问题时，就应当把人体看作是刚体了。又如，研究运动员掷铁饼的投掷角度和铁饼飞行的远度时，可以把铁饼看作是质点；而要研究空气对铁饼的作用时，就应当把铁饼看作是刚体了。

力

我们从事体育活动时，常常提到力这个概念。因为所有动作，只有用了力，才能完成；有些动作，由于用力得当，效果才比较好。

那么，什么是力呢？一切真知都是来源于实践的，对力这个概念的认识也是这样。开始，人们是把力和劳动时身体上肌肉的紧张程度联系在一起的。例如，人们推车、铲土、抡大锤时，身体上的肌肉使了劲，就说用了力。日常经验告诉我们，用力的结果，可能有两种情况：一种是使受力物体改变运动状态，从静止变为运动或从一种运动速度变为另一种运动速度；另一种是使受力物体变形。以后人们又进一步认识到，不仅人体能够对其他物体有力的作用，而且各物体之间，也能互相发生作用，使之改变运动状态或变形。例如，抡起的大锤能把烧红的铁块砸扁，火车头能把静止的车厢拉动，拧紧的钟表发条能带动钟表的机件走动等，都是物体之间互相发生作用的结果。“社会实践的继续，使人们在实践中引起感觉和印象的东西反复了多次，于是在人们的脑子里生起了一个认识过程中的突变(即飞跃)，产生了概念。”人们在长期的社会实践中，对力产生了概念，即：力就是物

体之间的互相作用，这种互相之间的作用使物体改变运动状态或发生变形。我们从事体育活动时，身体各部位的互相作用，或身体和其他物体的互相作用，都是力的作用。这些力的作用，可以使身体某一部位或全身改变运动状态或发生变形。

物体运动状态的变化和变形叫做力的效应。力作用于物体时，其效应如何，取决于力的大小、方向和作用位置（作用点）这三个要素。

力的大小，可以用砝码的重量或弹簧秤测定。通常拿物体重量的单位作为力的单位，用公斤力（或公斤重、千克力）表示。

力的方向包括力的“方位”和“指向”这两方面的含义。例如，重力（地球对物体的吸引力）的方向是竖直向下的，这里“竖直”是力的方位，而“向下”是力的指向。

力的作用位置，一般来说并不是一个点，而是物体的某一部分面积。当力的作用面积很小时，就可以看作是作用在一个点上，这个点叫做力的作用点，此时的力叫做集中力。例如，运动员跑步时脚的蹬地点就是力的作用点，蹬地力就是集中力。作用不集中在一点的力，叫做分布力。例如，运动员游泳时身体所承受的水的压力，就是一种分布力。在力学范畴内研究问题时，可以用和分布力产生同样效应的集中力来代替分布力。例如，人体所受的重力是分布力，但可以看作它集中地作用在人体重心这一点上，而这一点所产生的效应和分布力所产生的效应是相同的。因此，研究人体运动时，只要了解到人体重心的位置，也就说明了人体重力的作用情况。

通过力的作用点、沿着力的作用方向的直线，叫做力的作用线。例如，运动员在单杠上做直臂悬垂时，由人体重心引出的与地面垂直的线段（人体重心垂线），就是人体重力作用线（图1）。

力，这种不但有大小，而且有方向的量，叫做矢量（物理学中还有一些量，如时间、长度、质量等，是只有大小，没有方向的物理量，叫做标量）。因为力是矢量，所以画图表示力时，可以画一条带箭头的直线段。线段的起点表示力的作用点，线段的长度按一定比例表示力的大小，线段的方位和箭头的指向表示力的方向。如图2所示，线段的起点表示运动员踢足球时力的作用点，线段上的标度表示踢力的数值，线段的方位和箭头的指向表示踢力的方向。这种图示法，也适用于表示其他矢量，如速度等。

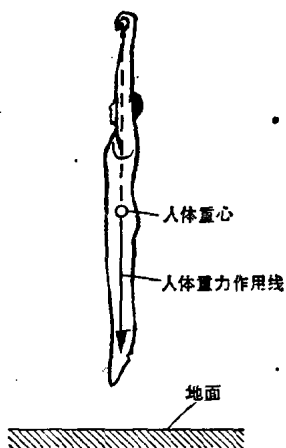


图1 力的作用线



图2 力的图示

作用力和反作用力

短跑运动员起跑时，身体通过脚以力作用于起跑器，同时起跑器也通过脚对身体产生力的作用。可见，物体之间的作用总是互相的，力的出现都是成对的。通常把身体通过脚对起跑器的力叫做作用力，而把起跑器对脚的力叫做反作用力（图3）。

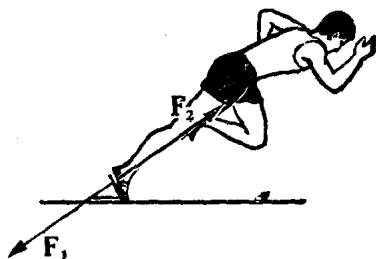


图3 起跑时的作用力和反作用力
 F_1 —作用力； F_2 —反作用力； $F_1 = -F_2$ 。

观察和实验表明，作用力和反作用力作用在一条直线上，大小相等、方向相反，这个结论叫做牛顿第三定律。力学中常用下面的实验来证实这个定律：把甲乙两个弹簧秤用小钩互相联在一起，把其中一个弹簧秤乙的一端固定在墙上，

用手去拉另一个弹簧秤甲的一端。关于手与弹簧秤之间的力的关系我们不去细致分析，在此只把手和弹簧秤甲看作一个整体，这时手的拉力就是弹簧秤甲对乙的拉力。由于弹簧甲跟弹簧乙之间的作用，甲乙两个弹簧都被拉长，并在两个弹簧秤的刻度上指示出力的大小是相等的。根据这个实验我们知道，甲乙两个弹簧秤互相作用的力是在一条直线上，甲弹簧以多大的力作用于乙弹簧，乙弹簧也以同等大小的力作用于甲弹簧，互相作用的力的方向是相反的（图4）。

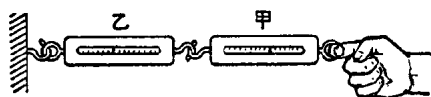


图4 弹簧秤甲和弹簧秤乙的互相作用

研究人体运动时，经常运用牛顿第三定律。要正确地运用这个定律，应当注意到以下几点：

第一、作用力和反作用力是一个事物矛盾着的两个方面，既对立又统一，任何一方不能孤立存在。两个力总是同时出现，同时消失。

第二、作用力和反作用力是属于同一性质的力。例如，运动员在弹簧板上踏跳时，身体给弹簧一个向下的作用力是弹性力，弹簧给身体一个向上的反作用力也是弹性力。又如，运动员在滑冰中蹬冰之后冰刀在冰面上滑进时，冰刀对冰面的作用力是摩擦力，冰面对冰刀的反作用力也是摩擦力。

第三、作用力和反作用力总是作用在同一条直线上。

第四、作用力和反作用力的大小相等、方向相反。例如，一个体重70公斤的人，当他站立在地面上时，向下对地

面的作用力是 70 公斤力，地面向上对他的反作用力也是 70 公斤力。当他突然向下给地面以 100 公斤的作用力时，地面也向上给他 100 公斤的反作用力，可以使他跳起来。可见，作用力和反作用力的大小是相等的，方向是相反的。在许多运动项目中，人体对地面施加的作用力越大，地面对人体的反作用力也就越大，运动的效果也就越好。运动员为了增加作用力，以获得大小相等、方向相反的反作用力，除了要发展肌肉的力量以外，还要注意动作的配合。例如，运动员跑步或跳跃时，在支撑腿蹬离地面之前的一瞬间，两臂和摆动腿使劲向支撑腿用力的相反方向摆动，就可以增加身体对地面的作用力和地面对身体的反作用力。

第五、作用力和反作用力是分别作用在两个物体上的力，所以不会互相抵消。

几种常见的力

一、重力

距离地面一定高度的任何物体，如果失去支持，由于地球对它的吸引，就会自由下落。这表明，地球上的任何物体都受到地球吸引力的作用。物体受地球吸引力作用所产生的力，就叫作重力。重力的方向是垂直于水平面而竖直向下的。

物体所受重力的大小，叫做物体的重量。它和物体的质量有密切关系，是以 $P=mg$ 这一公式来表示的。式中 P 是物体的重量， m 是物体的质量， g 是重力加速度 ($g=9.8$ 米/秒²，读做“每秒每秒 9.8 米”)。

二、弹性力

我们对弹簧的性能都非常熟悉，当外力作用于（拉长或压缩）弹簧时，弹簧的形状就会相应地发生变化。如果物体的变形没有超过一定的限度，在外力停止作用后，弹簧就能恢复到原有的形状，这种性能叫做弹性。弹簧受到其他物体的作用发生变形时，它本身就会产生一种阻止变形的力，这种力叫做弹性力。实验得知，弹簧在弹性限度以内，弹性力和弹簧的伸长量（或压缩量）成正比，但方向和弹簧伸长

(或压缩)的方向相反。

弹性力是普遍存在的。除了弹簧以外，其他物体在外力作用下发生变形时，内部也产生反抗外力而企图恢复原来形状的弹性力，如拉力、推力、压力和张力等，都属于这种力。在体育运动中，借助于弹性力完成动作的实例是很多的。例如，运动员在高低杠上做动作，常常是借助于杠子的弹性力使身体腾起而接连下一个动作。又如，运动员跳跃时的预先下蹲，身体象被压缩的弹簧，一经伸展，便将弹性力施于地面，于是引起来自地面大小相等、方向相反的反作用力，由于这个力大于身体的重量，所以使身体腾空而起（图5）。

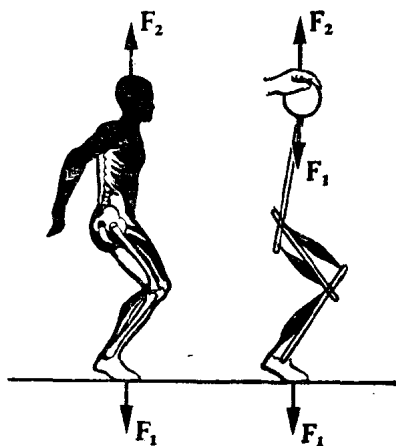


图5 跳跃的预先下蹲和弹性模型

$$F_1 = -F_2$$

三、摩擦力

两个物体互相接触时，当它们有了相对运动的趋势以及发生了相对运动之后，在它们的接触面之间就会产生摩擦力（图6）。摩擦力的特点是：在物体运动起来之前，它阻碍物体运动的发生；在物体已经运动起来之后，它又阻碍物体的运动。产生摩擦力的原因是很复杂的，一般地说是由于物体之间互相作用时接触面不平滑的缘故。