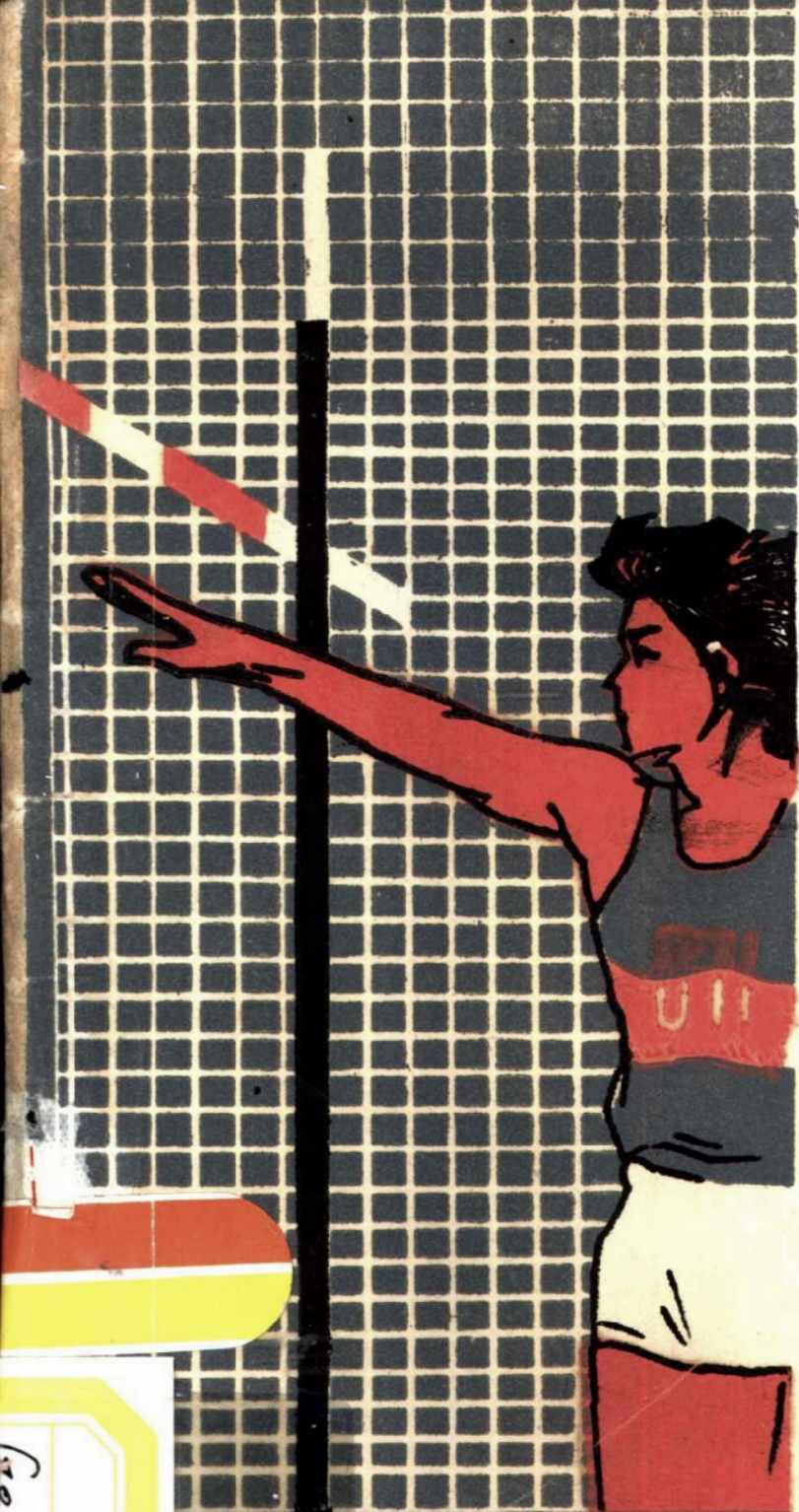


田径运动力学分析



安体院《体育资料》编辑组

目 录

一、短跑

怎样提高短跑速度， 起跑， 对起跑的作用力， 身体素质， 站立式起跑， 短跑的加速度， 加速和前倾， 空气阻力， 短跑指导法。

二、接力

棒次， 起跑距离的确定法， 接力的指导法（短程）

三、跨栏

高栏， 起跨， 前倾， 头的位置， 臂的动作， 低栏和中栏， 跨栏指导法

四、跳高

踏跳， 地面反作用力， 增强蹬地力， 冲力， 踏跳时的转动， 过竿动作， 背越式过竿， 跨越跳法的过竿， 跨越跳法与背越式的比较， 对跳高的指导法。

五、跳远

传统的跳远技术， 踏跳， 空中动作，
着地， 两臂动作的重要性， 前空翻跳远，
前空翻跳远的踏跳， 同上空中动作， 同上
落地。

六、三级跳远

第一跳的技术， 第二跳的技术， 第三跳的
技术， 三级跳远的指导法。

七、撑竿跳高

助跑和插穴， 踏跳与摆体， 引体转体推
竿， 过竿， 对撑竿跳高的指导法。

八、推铅球

地面的作用力， 肌肉力量和身高， 出手角
度， 滑步， 台体与推球， 旋转推铅球，
推铅球的指导法。

九、投掷铁饼

出手速度， 地面反作用力，



予摆，旋转， 出手， 飞进， 铁并的指
导法。

十、标枪

出手速度， 出手角度， 握法， 助跑，
投掷， 出手后， 标枪指导法。

十一、链球

向心力与离心力， 予摆， 旋转， 投掷
(最后用力)， 投掷链球指导法。



田径运动的力学分析

美国汤姆·埃克 著

西安体院田径教研室 郭洁译

译者按：

1、“田径运动力学分析”，这本书是美国汤姆·埃克写的，日本佐佐木秀幸、井街悠二人把它译成日文本。由七七年七月份陆续逐项在日本陆上竞技杂志刊出。书的内容没有引用刻板难解的力学公式，通俗易懂，叙述简炼，有其独特之处。

2、在刊登的前言上，佐佐木写了一段话，值得我们参考：“教练员以经验和体会来指导运动员，这是非常重要的，往往可以收到预期以上的效果。但是，还要看经验和体会的侧面有没有丰富的基础知识，如果没有，那就不能说是属于近代的训练范畴。看过田径运动力学分析，与我们的实践相对照，满不在乎地进行了些错误的技术指导，想起来是有愧的。这本书对教练员在实践中的技术指导，是很有用的”。

3、本文基本上是按日文本的原文译出的，读者应根据毛主席的“古为今用，洋为中用”的教导，批判其唯心主义观点，吸收其合理部分供教学、训练工作的参考。

田径运动的力学分析

一、短跑：

短跑成功的因素有两点：一个是步幅，一个是步频。即一步的距离和一定时间内腿的移动次数，两者结合起来，决定了短跑的速度。

运动员若想提高短跑的速度，一个是增大每步的步幅，一个是提高腿的移动频率，或者两者并进，除此以外，没有别的办法。但是，恰恰事与愿违，你想发展一方，则另一方势必倒退，短跑速度反而减慢。两者并进，那就更难了，这在实践中，一般人都是清楚的。

怎样提高短跑速度：

“短跑运动员是先天产生的，不是后天训练出来的”。这是很久以来，教练员中间所考虑的问题。但是，最近这种想法，已经起了变化，就是说先天有差距，某个短跑者可能比另一个短跑者跑的快，这不能否认。相反，人们若按照正确的训练计划，提高腿部肌肉力量，任何人都可以提高短跑速度，这是人们都清楚的。

既然速度取决于步幅和步频两个因素，运动员在训练中如果能够保持一方的水平不变，去努力提高另一方的训练水平，那么他的速度肯定会提高的。

一般腿长的人频率慢，所以腿长和频率是成反比的。小个子短跑运动员跑起来频率快，但是步幅短，这和腿长的人正相反。这两种类型的人都出现过最优秀的短跑运动成绩。

步幅也长,步频也快,这样两者兼备的运动员是几乎没有的。

我们可以从慢动作影片,或电视带观察一流短跑者的动作。在这里我们清楚地看到,身高相等的运动员(即腿长相等),其跑的频率也基本相等。特别是在终点冲刺阶段,其相一致的程度,就更显著了。据此,我们可以得出这样的结论:“腿长相等的运动员,其步频也几乎一致。因此,其中速度的差距,主要原因在于步长”。还有一个有趣的事实:观察身长(腿长)基本相等的两个运动员,进行对比,尽管步频有少许差距,而步长大的运动员,很明显占优势。

最近我们对于参加百码邀请赛的运动员,进行了研究:各运动员步频平均是每秒4.35—4.68次,步长是2.03—2.20米。这次邀请赛的优胜者成绩是百码9秒4。(换算100米为10秒8)这位运动员的身高,在参加比赛的运动员当中是比较小的,他的步频最快,步长最短。第二名的成绩是9秒5,他的步频仅次于第三位,步长占第二位。

从训练角度来分析,步长和步频两者比较起来,步长是极其重要的因素。

步长在不降低步频的情况下锻炼腿部力量是可以增大的。相反,如果想增大步频,那是极其困难的,这多半是决定于神经肌肉的反应速度。通过训练,可能提高步频,但是,这只有在牺牲(缩短)步长的情况下才能做到。

就上述邀请赛的例之,再深入分析:如果第二名的运动员的步长能延长一英吋(2.54厘米),全程就可以快30英吋,(76.2厘米),而获得第一名。

上边我们强调了增加步长的重要性。但是,要知道,单

纯地、不自然地去增加步长，会把腿迈到重心的大前方，必然要明显地降低步频，从而降低速度。所以在训练过程中，应在原来技术的基础上去提高步长，这就需要增加后蹬力量，增加后蹬力量最好的办法是提高腿部肌肉力量。

起跑：

实验证明，起跑器的安装法，普通式比拉长式和接近式起动最快。起跑最理想的姿势，是前腿大小腿的角度为 90° 度，后腿大小腿的角度约 120° 度。这样可以发挥最大、最快的肌肉收缩力量（参照图片1）。



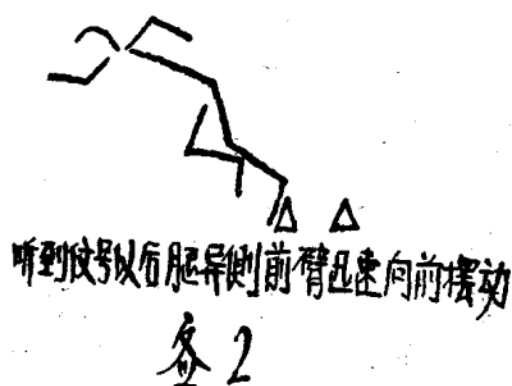
起跑的预备姿势最快的
是前腿为 90° 后腿为 120°
冬1

对起跑器的作用力：

短跑运动员如能增强腿部力量，就可以提高起跑速度。增强了腿部力量，对于起跑器的作用力也就随着增大了。对于起跑器作用力越增大，起跑器给人的反作用力也越大，起动速度也就越快。（特别对于前起跑器的作用力）

腿部力量特别强的运动员，“预备姿势”的前腿大小腿的角度，可以小于90度，这样能够获得更大的作用力。相反，腿部力量较差的运动员，大小腿的角度，可以比90度稍大一些，这样可以发挥相应的肌肉收缩力量。

与鸣枪同时，尽可能快速地前摆后腿和异侧的臂，以这两项反作用力，可以使得前腿蹬起跑器的力量更大，更加有力地促进起跑速度。（图片2）



身体质量：

身体质量对于起跑速度有重要的影响。运动员的体重越重，惯性越大，这就相对地增大了身体起动的难度。

假设，有起动速度相等的两个运动员，一个体重200磅，另一个体重180磅，那么前者要比后者多付出11%的力量才成。同一例子中，如果200磅体重的运动员，不降低腿部力量，而把体重降到180磅，那么他就可以比另一名运动员快11%的起动速度。结论是：想要起动快，就必须减轻体重，增强腿部力量。但是，要知道，运动员进入

疾跑状态以后，体重也就不成为重要因素了。

站立式起跑：

最近几年以来，不少地方，提出短跑站立式起跑比传统的蹲踞式起跑快的意见来。美国、南非都做过不少实验。越来越多的教练员认为如能掌握站立式起跑技术，其起跑速度是比蹲踞式起跑快。

我们不妨分析一下，起跑时最理想的躯干“预备姿势”是什么样子？最理想的“预备姿势”躯干高度，是可以更好地发挥起跑加速度的。这种理想的起跑“预备姿势”，据研究，要比蹲踞式的躯干部位高一些，比站立式起跑的躯干部位低一些。因为蹲踞式起跑要把两手触及地面，这就限制了它的“预备姿势”的高度。站立式起跑，身体前倾时，如把重心移到前腿前方，就站不住了，这也限制了姿势的最低限度。所以不管是蹲踞式起跑也好，或者站立式起跑也好，其躯干高度都不是最理想的。问题在于采用那种“预备姿势”于起跑第一步时，能很快地形成最理想躯干高度。具体地说：起跑第一步时，蹲踞式适当地抬高躯干姿势的速度快？还是站立式适当地降低躯干姿势的速度快？这个问题至今在专家们之间，意见还是一半一半。原因是，参加实验的运动员，都具有原来的习惯起跑姿势，这就影响了客观性。就是说，参加蹲踞式起跑实验的运动员，习惯于蹲踞式，当然这个运动员的蹲踞式就比站立式快。相反，习惯于站立式起跑的运动员，当然他的站立式起跑要比蹲踞式快。因此，为了消除这种实验偏差，挑选参加实验的运动员，应该是对蹲踞式和站立式两方面都熟练的，或者两方面都不熟习的。

实际上，找这样条件的运动员，几乎是不可能的。不管怎么说，到目前为止，还没有明确的根据证明那种起跑方法好。只有教练员和运动员两方面，在实践中去选择。

短跑的加速度：

运动员从起跑器起动以后，需要有极大的加速度。当速度逐渐提高（当然空气的阻力也逐渐加大），到达两腿再也不能增加步频的时候，也就是说，每步脚着地的时间到达最短限度的时候，一般是在40——60码的距离处。（约36——55米）脚的移动速度非常快，步频到达最高限时，这时肌肉的收缩效率，与前一段加速过程比，是在开始降低。

运动员的最高速度，只能保持极短的时间。以肌肉耐力的特性，其最大收缩频率，仅能维持几步的距离。所以不管你使出多大的力量，一旦到达最高速度以后，到达终点这一段距离，是在逐渐减速的。跑的本人也好，都认为是加速一直到达终点，这是一种错觉。

到达最高速度以后怎样逐渐减速，这取决于每个人的肌肉耐力的具体情况。如果运动员所有的条件都相同的时候，那么当天竞技状态良好的运动员当然获胜。这并非由于他后半段有良好的加速，而是降低了减速率的关系。

不少教练员都认为运动员一直可以加速到终点，如果运动员在途中跑没有自然跑进（即放松跑）的话，这种认为加速到终点的想法是不对的。两腿的移动频率到达最高点以后再想提高，从物理角度来看是不可能的。同时，想在不降低步频的情况下，再去增大步长，也是绝对不可能的。所以，

在短跑运动中，想加速到最后，一种是途中跑时有意地进行一段自然跑进，一种是延缓加速到达最高点。不管采用那种方法，都会使成绩下降的。

加速和前倾：

所谓“前倾”不是单纯的上体前倾。正确的“前倾”是支撑腿的脚与重心相连结的假想线，与地面形成的角度。那么支撑腿在什么时候为准呢？从侧面看，应该以支撑腿与摆动腿正好并拢的时候为准。具体地说，计算“前倾”角度，应以两腿之间的夹角等于零时，着地脚通过重心假想线与地面形成的角度。

我们还应该清楚，如有的教练员说：“我给运动员教了前倾角度”，或者运动员说：“我学习了前倾角度”等等，这类话是不合逻辑的。运动员加速跑的时候，前倾是自然产生的，加速是原因，前倾是结果。空气阻力虽是微小的，也是前倾的一个因素。运动员加速越快，其前倾角度也越大。

例如：当我们以站立姿势乘喷气式飞机的时候，飞机进行最大加速时，机内站立的人，需要采取很大的前倾姿势，才能站住。飞机到达一定速度后，我们就可以直立起来。当飞机为降落而减速时，机内站立的人们，后倾才能站住。

在短跑中如果不考虑空气阻力，和乘喷气式飞机的情况是相似的。在从起跑器起动以后，是要发挥最大的加速的，这时运动员的前倾也随之到达最大限度。（参照图3）途中跑即加速到最高点的时候，只剩空气阻力，可使身体有少许前倾。还可以看到，短跑（如200米和400米）的最后阶段，身体还要呈现少许后倾，这是一般的情况。（参照图



1. 刚蹬离起跑时刹那加速度大然后逐步减少。
2. 前倾是加速度的结果，加速度减少前倾也减少。

备 3

4) 这是在运动中，力学的自然反应，教练员勿须考虑如何去教“前倾”，或者怎样去教“前倾”，这都是不必要的。不少教练员要求运动员在起跑时，要尽可能“前倾”。结果不少运动员，为了服从教练员的要求，而故意前屈上体。实际上前倾角度并没有变化。空气阻力以外的身体前倾度，取决于速度的快慢，两者成正比。要记住，只有加速过程才有前倾。

检查运动员的前倾度，可以使用电影图片。从侧面观察，正好两膝盖并拢时，从支撑脚通过重心划一设想线，来衡量前倾角度。除两膝并拢以外的任何时候，测量前倾度，都是不合适的。



1. 这是史密斯选手跑
200米后半的姿势
成绩是20秒6

2. 由于后半在减形成有倾

备4

空气阻力

空气阻力是身体前倾因素之一。跑的越快，阻力越大，人体当然要采取相应的前倾角度。逆风时，前倾角度可以大些，顺风时，可以小些。逆风时，花费的力气大，顺风的阻力小，这种情况，如果花费与逆风跑同等的力量时，与逆风或者无风比，可以提高速度。

冲刺

撞线刹那，上体猛然前屈，可以占到微小的便宜。这只有在运动员保持一定的速度时，加上体前屈，才是有利的。这是运动员应掌握的技术之一。上体前屈时，运动员为了保持平衡，要使重心向后方移动，为此，应把两臂尽量向后方摆。（参照图5）若重心移到着地脚前方，不去向后摆臂



撞线上前身可以早触线
但要把两臂后摆

参 5

时，身体势必向前倾倒，将失去平衡。撞线时，主体前屈和前述“前倾”完全是两码事。不论上体如何前屈，跑的速度不会再快的，只是上体可以提前触线而已。

撞线后越过终点线时，两脚追不上上体，形成前倒的趋势，这时为了取得上下的平衡，两臂应以肩为中心，向前不断地转动。（参照图 6）两臂向前转动时产生的反作用力。给身体一股向后转动的力量，这样就挽救了前倒的危险。这也是运动员应掌握的技术之一。

短跑的指导方法：

要点

对于起跑器的作用力，

理想起跑姿势的重心位置，与其作用力方向的关系。



撞线后两臂以肩为中心
向前摆动可以防止前倾

图 6

步长与步频，
最重要的要素——步长。

指导的重点：

1、为了加强蹬起跑器的力量，为了合理地加长步幅，在非竞赛季节，应采取丰富的练习手段，着重发展腿部力量。

a、要锻炼腿部肌肉的伸展反射机制。（肌肉的退让性收缩）

（1）单脚快速跳，30——100米。

（2）双脚快速跳，30——100米。

（3）有节奏的跨步跳，30——100米。

（4）双脚跳两米间隔的低栏。

（5）低箱跳上、跳下。

（6）利用台阶跳上、跳下。

（7）跳与低栏等高的高台，跳下时深屈膝，再立刻跳上。

b、负重（大重量）下蹲，加强腿部力量。

c、肩负扛铃（不必采用最大负荷），上、下约45厘米的高台，用最快的速度，效果较好。如果不能做到快速，最好不要再增加重量。

d、负重跑也是增强腿部肌肉力量的有效手段。如肩负重量跑，或跑跳步、拖重物跑、上坡跑、台阶跑等。

2、掌握普通式起跑“预备姿势”，前腿大小腿为90度，后腿大小腿为120度。

3、起跑时做后腿和前腿同侧的臂迅速用力摆出的练习。

4、不要去管起跑第一步的前倾动作，要认清前倾只是加速的结果。

5、以互相竞赛的心情，撞线时，做上体前屈的技术练习。

6、接着为了制止向前倾倒，两臂做向前旋转的动作。