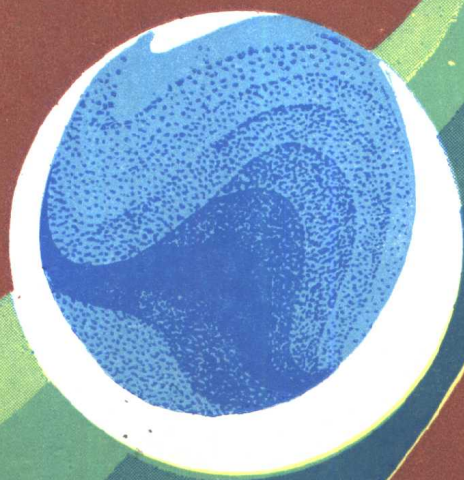


TIANJINGYUNDONG
LIXUE



田径运动力学

人民体育出版社

田径运动力学

〔英〕杰弗里·戴森 著

郭洁 译

李敏宽 龚镇雄 校

人民体育出版社

英文版

书名: **The Mechanics of Athletics**

作者: **Geoffrey Dyson**

出版者: **Holmes & Meier Publishers, Inc**

出版时间: 1977年第7版

日文版

书名: 陸上競技の力学

作者: G. タリリン

译者: 金原勇 波川侃二 古藤高良

出版者: 大修馆书店

出版时间: 1972年

田径运动力学

[英] 杰弗里·戴森 著

郭洁 译

李敏宽 龚镇雄 校

人民体育出版社出版

朝阳展望印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092毫米 32开本 印张 $8\frac{8}{32}$ 150千字

1989年5月第1版

1989年5月第1次印刷

印数: 1—2, 300册

*

ISBN7-5009-0312-x/G·297 定价: 4.30元

目 录

第一章	绪论	1
第二章	运动	4
1.	运动的种类	4
2.	匀速运动和变速运动	6
3.	速度	6
4.	加速度	6
5.	自由落体运动	7
6.	速度的平行四边形与分解	10
7.	抛射体的轨迹	12
第三章	力(1) 牛顿定律	18
1.	牛顿第一定律(惯性定律)	18
2.	牛顿第二定律(加速度定律)	20
3.	牛顿第三定律(作用力和反作用力定律)	21
第四章	力(2)	24
1.	力	24
2.	加速运动	27
3.	冲量	29
4.	有效的力	30
5.	力的合成	31
6.	反方向的力、力的平行四边形与分解	33
7.	功与能量	36
8.	功率	39
9.	向心力与离心力	40

10. 重力	43
11. 重量与密度	44
12. 失重状态	45
13. 重心	46
14. 摩擦	52
15. 平衡	54
第五章 角运动	59
1. 力矩	59
2. 杠杆	66
3. 轴	72
4. 转动惯量	77
5. 角速度	80
6. 动量矩守恒	82
7. 确定动量轴的方法	84
8. 从地面开始的转动	88
9. 在空中开始的转动	95
10. 章动与回转	112
11. 动量矩(角动量)的交换	114
12. 进动(旋进)	116
第六章 跑的运动力学	118
1. 腿的动作	119
2. 臂和肩的动作	125
3. 躯干和头的正确部位	128
4. 能量消耗	132
第七章 跨栏和障碍赛跑	135
1. 跨栏	135
2. 障碍赛跑	144

第八章 跳跃运动的力学	146
一、跳高的力学	146
1. 助跑	147
2. 踏跳	150
3. 过杆动作	157
4. 落地	164
二、跳远的力学	161
1. 助跑	167
2. 踏跳	167
3. 空中姿势	169
三、三旬跳远的力学	174
1. 第一跳	177
2. 第二跳	178
3. 第三跳	179
第九章 撑竿跳高的力学	181
1. 助跑速度和握竿高度	183
2. 蹲跳	185
3. 摆体	186
4. 后仰举腿	188
5. 引体转体和支撑倒立	190
6. 应时和竿	193
7. 玻璃纤维竿	194
第十章 投掷运动的力学	197
一、投掷的力学原理	197
1. 出手速度	197
2. 出手角度	205
3. 流体(空气)力学的因素	210

二、投掷技术的力学·····	220
1. 掷链球·····	220
2. 投掷铁饼·····	227
3. 推铅球·····	230
4. 掷标枪·····	234

第一章 绪 论

在田径运动技术上普及不可缺少的有关力学原理的知识，对于业余体育运动联合会的指导是项重要目标。因为能够无限变化的人体运动遵循着各种运动规律，并且，到达最高水平的运动技术最大限度地运用了这些同样的原理。

关心科学的现代青年能够接受力学的真实性。的确，能运用于体育运动的学科，对于青年人来说，特别是男孩子们都具有浓厚的兴趣。在教室里上物理课时最好联系体育运动。因为举体育运动的例子比使用一般的例子更为生动而有意義。然而在运动场、体育馆、游泳池等处进行技术教学时的力学讲解则需要慎重。因为运动员们的知识水平、教育程度以及兴趣所在是千差万别的。既有接受了新的知识刺激而改进了运动技术的，相反也有因此而造成困惑不解的。

运动员把直观的或者“是这样的感觉”的讲解亲身实践，通过肌肉运动的感觉去掌握技术。所以，往往采用形象化的语言教学（即使在力学上是不正确的），比使用难解的力学专门术语要好。由于这种原因，指导运动技术的学问，有时看来是不科学的。

向运动员们讲解这些，对于不同的运动项目也是有区别的。如跑的力学机制是比较复杂的，但多数优秀长跑运动员，即使不深入研究力学，也能够掌握有成效的姿势。相反，象短跑、跨栏、田赛项目中，需要更多的技术性的有分析的指导，才能逐步掌握技术。

一般来说，并不是所有的运动员都知道得很精确。若能够自我纠正错误，对于自己的专项运动充满着好奇和具有信心，也就可以了。

但是，对于教师和教练员来说，力学知识对于识别哪些是重要的，哪些是不重要的；哪些是正确的，哪些是不正确的；原因和结果；可能和不可能等问题是不可缺少的手段。

教师、教练员若能具备力学知识，就可以正确地观察、推断田径运动的各项技术。此外，例如对于田径运动训练法中重要的负重练习，也会有更深刻的理解。

田径运动力学，还处于初期阶段。尚未明确的地方，或者仅仅了解局部的因素还很多，在很多情况下不能做出更精确的计算。如把适用于刚体力学原理应用在远非刚体的人体上等等。

运动员们身体的质量、骨骼构造、杠杆(关节)作用、柔韧性等是各有不同的。因此确切计算作用于身体的各个不同的力的大小、方向以及有效性等是有困难的，甚至许多场合是不可能的。有时为了把复杂的人体形状用更简便的几何学方法来处理，必然要牺牲其准确性。

虽然如此，采用这些推断或者粗略的计算方法，对于教师、教练员来说已有足够的正确性并具有其实用价值。但是，这必须通过仔细观察和正确解释得出的结果才成。同时还要给对分析身体运动来说很重要的力学以外的一些规律留有余地(如生物学规律)。

本书在理论上尽管不完善，但是，在实用上可以达到重要的目的。本书内容选择了田径教师、教练员必不可缺少的知识。考虑提供给没有力学知识基础的人做参考，但是，也期望专家们予以关注。

本书第一部分叙述的是力学基础知识。引用了适当的有关力学基础原理，结合人们亲身体验的许多例子加以说明。经过仔细考虑，本书内容的安排不同于一般力学教科书的常规，并且尽量避免使用公式。在一般解释上不一定必须用公式，因为不擅长数学的人，多为公式所烦恼。但是，为了避免使用高深的数学语言，就多了一些解释，读者阅读时应注意正确地理解其意思。

第二部分是各种田径运动项目的技术分析，它并非完全根据事实，因为尚有许多需要进一步明确的地方。这里的命题，多属于单纯的推论，仅能做为今后研究中需要探讨的假设。

最后需要强调的是，用力学原理所进行的分析，只能观察田径运动的一个侧面，为了探求到其全貌，还应借助于其他学科，但因为各自采用独特的方法所获得的事实进行推论，必然会得出或多或少不同的结论。如生理学家们认为竞赛是身体细胞、体液、组织、营养等遵循代谢规律的一个现象。心理学家们则把运动员们看做是一种意识、人格。物理学家们则从运动员的身体结构、适应性以及复杂性联想到一种独特的机器。

第二章 运 动

1. 运动的种类

田径运动中的各个运动项目，不管它是属于身体整体的还是局部的，还是某种运动器材的移动（如撑竿、铅球等），都是按一定的原理进行的。不管是生物还是非生物，它们与地球上所有其他物质一样都受力学原理的支配。

运动有直线运动和角运动两种。

（1）直线运动

直线运动是指物体在一条直线上移动（平移），物体的各部分都向同一方向以同一速度移动同一距离。在田径运动各个项目中，虽然没有纯粹的直线运动，但它是应考虑的元素。冬季的雪橇运动是一种直线运动（见图1）。跑百米的运动员从起跑点到终点（假如不考虑摆臂、摆腿以及躯干的转动）是在一条直线上运动的，则可以认为是直线运动。在其他项目中这种例子也很多。



图1

（2）角运动

角运动是常见的人体和动物的运动形式。从力学角度来

说，这种运动是由一系列的杠杆所组成的。人体杠杆的作用在田径运动中是极其重要的，有关杠杆的理论，本书专设一章来叙述。

总之，角运动和直线运动的主要区别在于：角运动是物体的一个部位即轴对其余部分处于相对静止状态的运动〔如臂围绕肩关节轴转动（见图2），铁饼在空中旋转（见图3）等〕；而直线运动是物体所有部分从一个位置移动到另一个位置（位移），其各质点的移动是同时而且是等距离的。

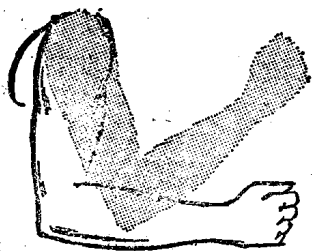


图2



图3

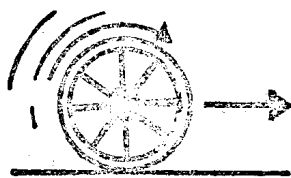


图4

物体可以同时进行直线运动和角运动。即在转动中或者在产生角位移时轴也沿着一定的路径移动。滚动的车轮就是一例（见图4），轮缘绕车轴转动，车轴沿着直线移动。这是包括动物和人在内的许多物体以其某一部分转动的结果，而使全体沿着直线移动的例子。短跑者以其腿的带有转动性的动作，使身体沿着直线运动。投掷时由于身体的旋转而使投掷物沿直线运动。

在所有田径项目中，最好的效果取决于直线运动和角运动两者结合的程度。短跑运动员两腿的转动要和全身的直线移动密切结合起来。投掷链球时，沿着铁圈直径前进的

身体，必须和身体的旋转密切结合起来。

2. 匀速运动和变速运动

在相同的时间内，总是具有相同的位移时，这种运动叫做匀速运动；在相同的时间内位移不相同时，这种运动叫做变速运动。如以同一速度，花4分16秒的时间跑完1英里时，即谓匀速运动（每110码为16秒）。另一种情况：如跑百码途中计时，50码为5.3秒，60码为6.2秒，70码为7秒，80码为8秒，100码为10秒2，这个运动员跑的是变速运动。这个运动员，在60码到70码之间的10码，比其前一个10码（即50码至60码）快0.1秒，这种运动叫做加速运动。70码以后速度降低了，叫做减速运动。但在跑的每一步中也有加速和减速各阶段，因此这些不是那么严格的。

3. 速度

在力学上，速度和速率是有区别的，但是在田径运动中常常把这两者看成同义词。速度除了速率外还包含有移动的方向。如为表示每小时以24英里的速率跑的运动的速度，必须明确运动员的移动方向，例如，向正北方向以每小时24英里的速度跑步。

运动的速率可以长度和时间单位表示。每小时24英里的速率，也可以用每秒35.2英尺的速度表示。因为速度有大小和方向，所以它是矢量可以用直线表示。

4. 加速度

绝对匀速的竞赛是没有的，速度大小和方向两者分别或者同时发生变化的是一般现象。如上所述，物体在运动中，其

速度大小发生变化时，递减叫做减速，递增叫做加速。

在力学上，加速度这个词，不管速度的增加还是减少都使用它。物体的加速度和速度方向相反时（如前述跑百米运动员在70码以后的速度），叫作负加速度。加速度和速度的方向一致时（如前述短跑起跑阶段），叫做正加速度。因此，加速度表示速度的变化率。

下边是正加速度的一例：

以每秒22英尺的速度跑的短跑者，假定5秒后把速度提高到每秒33英尺，其速度的变化是 $33 - 22 = 11$ ，即每秒11英尺。这个数字不是运动员的加速度，而是速度的变化量。

5秒之间速度的变化为11英尺/秒，每秒的速度变化为 $11 \div 5$ ，等于每秒2.2英尺。这位短跑运动员的速度是每秒增加2.2英尺。因而，其加速度为2.2英尺/秒²。

如上所述，表示加速度要用两重时间单位。速度为其一，速度的变化时间为其二。

以上的叙述是对匀加速度的计算，在实际竞赛中的加速度多半是不均匀的。若尽可能地把增加速度的时间间隔取得很短，则可以计算出物体或运动员在不同时刻的不同的瞬时速度。

5. 自由落体运动

所有的体育运动都受重力的影响，所以自由落体原理也适用于田径运动各个项目。严格地说，这些原理只适用于在无空气的真空中运动的物体。研究田径运动的落体时，一般则不考虑空气阻力，正如可以忽略随着高度的增加而减少的重力加速度一样。效率高的运动员的跑动动作，把每一迈步产生的身体下降控制在最小限度，因而在作其余动作时，将

身体往上拾起的动作也限制在最小的限度之内。优秀的跨栏运动员在栏上几乎擦栏而过而迅速着地。跳高运动员想要克服重力跳得更高一些，就要进行改进踏跳时爆发力和起跳方向的训练。又如铅球、铁饼、标枪、链球等的滞空时间，都受自由落体原理的支配。

人类有文化开始到伽利略为止，大约有一百多个世纪之间，人们都认为物体越重，下落的越快，物体的重量是与下落速度成正比的。但是，伽利略发现，把两个物体置于同一高度，使其从静止状态下落时，它们是同一速度下落的，与物体本身的重量、大小、材料无关。如果把两者联结起来成为一个物体时，它们在一定时间内下落距离完全一样。人体也不例外，体重大的人不比体重轻的人下落得快。不管它是否垂直下落的。

地球表面附近，物体自由下落的速度每秒按32英尺/秒增加。竖直上抛时，也按相等的比例递减。下落距离与时间平方成正比。即1个单位时间下落为1时，2个单位时间为4，3个单位时间为9。下落距离可以从公式 $d = 1/2gt^2$ 计算得出。 d 为上升或下落距离（竖直方向）， t 为时间， d 以英尺， t 以秒单位计算时，得数为 $g = 32$ （英尺/秒）。例如，得知下落1英尺的时间为1/4秒，4英尺为1/2秒，9英尺为3/4秒，16英尺为1秒时，这样便于分析动作（见图5）。

一物体3秒钟下落144英尺，其后速度为 $32 \times 3 = 96$ 英尺/秒。平均速度为其一半即48英尺/秒。在这个时间内下落的距离由平均速度乘以下落时间即可得出，即 $48 \times 3 = 144$ 英尺。若从比原来高度低144英尺的最低点，以每秒96英尺的初速度将物体竖直上抛时，能准确的以相等时间到达原来的高度，这时其速度为零。公式 $t = \sqrt{\frac{2h}{32}}$ 可以从前列公式得

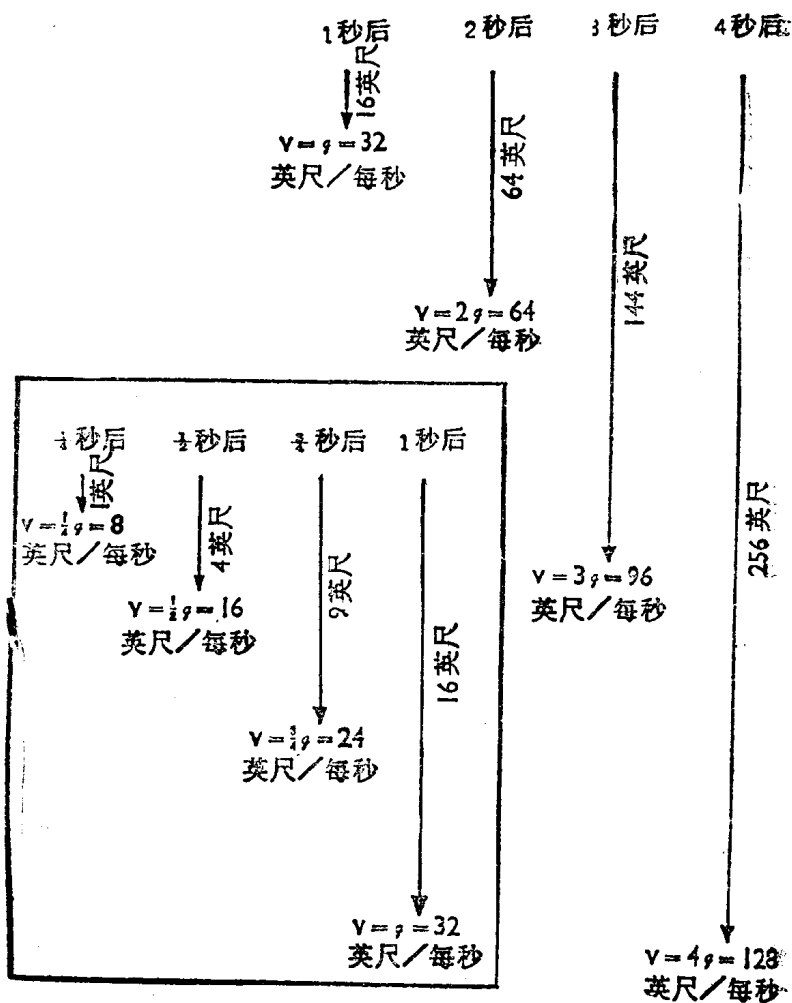


图5

出，它表示下落或上升的竖直距离及其所需时间关系。即：
 t 为秒（时间）， h 为英尺（高度），物体下落144英尺所需

时间为:

$$\sqrt{\frac{2 \times 144}{32}} \text{ s} = \sqrt{\frac{288}{32}} \text{ s} = \sqrt{\frac{9}{1}} \text{ s} = 3 \text{ s}$$

同样, 跳高时, 假设从踏跳到腾空的最高点为 4 英尺, 其所需时间为:

$$\sqrt{\frac{2 \times 4}{32}} \text{ s} = \sqrt{\frac{8}{32}} \text{ s} = \sqrt{\frac{1}{4}} \text{ s} = \frac{1}{2} \text{ s}$$

下表表示弧型跳水所需时间。假定运动员的重心位置是, 踏跳时比踏板高的高度与着水时比水面高的高度是相等的。并记入了着水时的速度。

跳板高度	跳踏后重心上升高度	重心在踏板上方的腾空时间	重心在踏板下方的腾空时间	全腾空时间	着水的速度
1 米	4 英尺	1.16 秒	重心通过踏板时两手已着水	1.16 秒	15mph
3 米	4 英尺	1.16 秒	0.28 秒	1.44 秒	20mph
3 米	1 英尺	0.75 秒	0.33 秒	1.08 秒	18mph
3 米	2 英尺	0.91 秒	0.30 秒	1.21 秒	19mph
5 米	2 英尺	0.91 秒	0.50 秒	1.41 秒	23mph
10 米	2 英尺	0.91 秒	0.92 秒	1.83 秒	32mph

注: 15mph 为 15 英里/时, 约每秒 6.6 米。

6. 速度的平行四边形与分解

疾跑一步或者跳高、推铅球(见图 6)等动作中, 运动员对自己的身体或者对投掷物同时给予两个运动, 即一个是向上方的运动, 一个是向前方的运动, 这些叫做分速度。若把两种速度合起来, 叫做合速度。合速度是身体或者投掷物的实际速度。这两种同时进行的运动是相互独立的, 可以