

## 参 考 文 献

- [1] 葛隆祺,重新审度抛体理论在体育运动中的应用,力学与实践,12,6(1990) p52.

- [2] 田径运动讲义,第三部分跳跃,人民体育出版 1959.  
[3] 金嘉纳,田径人民体育出版社,5(1982),p15.  
[4] 唐礼,田径人民体育出版社,6(1981),p11.

(本文于 1991 年 1 月 14 日收到)

# 是生物控制最优化而不是 $v_1$ 与 $v_2$ 组合最优化

何 志 坚

(国家体委科研所,北京,100061)

文[1]讨论了急行跳远的最佳起跳角  $\theta_{opt}$  与腾空角  $\alpha_{opt}$ ,并在  $v_1, v_2$  不变的假设下求得  $\alpha_{opt}$  在  $20^\circ$  左右;这里,  $v_1$  表示起跳瞬时水平助跑速度,  $v_2$  表示蹬地起跳速度(图1)。但文[1]将运动员起跳瞬间身体质心速度说成是助跑速度  $v_1$  与起跳速度  $v_2$  的矢量和的办法则欠妥。运动员起跳脚离地瞬间身体质心所获得的速度  $v_0$  中的确既有起跳腿蹬地使身体获得的速度增量,也有通过助跑所获得的身体质心水平速度的一部分,但  $v_0 \neq v_1 + v_2$ 。原因是在起跳过程的开始时刻运动员身体质心的水平速度  $v_{1s}$  (助跑结束、起跳腿用力前的一瞬间)与起跳过程结束时刻的  $v_{1e}$  (起跳脚离地的一瞬间)不同。一般来讲,国内外优秀运动员的

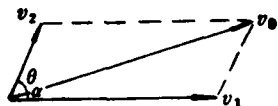


图 1

$v_{1e}$  较  $v_{1s}$  小  $1.5\text{m/s}$  左右;也就是说,运动员起跳后的水平速度较起跳前小,在起跳过程中运动员的水平速度有所减小。如果说文[1]指的是  $v_{1e}$  的话,那么由于  $v_{1e}$  指的是助跑结束、起跳腿用力前一瞬间的身体质心水平速度,而  $v_2$  指的是起跳脚蹬离地面一瞬间身体质心由于起跳脚的蹬地作用所获得的速度增量,显然,  $v_{1e}$  与  $v_2$  是不同时刻的矢量,两者不能相加,即  $v_0 \neq v_{1e} + v_2$ 。如果说文[1]指的是  $v_{1s}$  的话,那么这一瞬间运动员起跳用力的动力学作用已经结束,文[1]所指的  $v_2$  中的一部分已“合并”到  $v_{1s}$  中了,因此不会再有  $v_0 = v_{1s} + v_2$  了,由此可见,  $v_0 \neq v_{1s} + v_2$ 。因而由此导出的结果不能成立。

笔者认为跳远运动员在起跳脚离地瞬间身体质心的速度方向与助跑方向之所以在  $20^\circ$  左右的原因是人体所能获得的水平速度(通过双腿反复交替用力的助

跑)较所能获得的垂直速度(通过单腿的一次性用力)大。优秀运动员单脚原地纵跳身体质心上升的高度为  $60\text{cm}$  时,起跳脚离地瞬间身体质心的垂直速度为  $3.4\text{m/s}$ ,而通过助跑所能获得的最大水平速度为  $9-10\text{m/s}$ ,显然,运动员的最大助跑速度较起跳腿蹬地用力使身体获得的垂直速度大得多。这一特点决定了  $\alpha$  角一般在  $20^\circ$  左右。

如前所述,运动员起跳前后身体质心的水平运动速度不相同,  $v_{1e} < v_{1s}$ ,这说明运动员在起跳过程中身体所具有的水平动量有损失。起跳过程中运动员通过起跳腿的用力蹬伸以及摆动腿和两臂的协调摆动使身体获得一定的垂直速度。由  $v_{1e} < v_{1s}$  可以看出,在起跳过程中运动员起跳腿的用力有水平方向制动的作用。运动员在通过起跳腿的蹬伸用力获得垂直速度的同时,起跳腿的蹬伸用力也使身体的水平速度减小。其原因是在起跳过程中,运动员的起跳脚所受地面水平方向作用力的方向在起跳过程的大部分时间里与助跑方向相反;起跳腿蹬伸用力的程度越大,身体所获得的垂直方向的速度越大,同时水平方向的速度损失也就越大。由此可见,对于一名具有一定短跑和跳跃能力的运动员来讲,损失掉多少助跑水平速度  $\Delta v$  来“换取”多少垂直速度  $v$ ,以获得对于本人来讲最远的跳远远度才是跳远运动中的最优化问题。

显然,目标函数无法表示成多个自变量组合成的解析表达式,因为与跳远远度有关的自变量中包含有运动员的短跑能力、跳跃能力、神经控制能力等因素,到目前为止还无法用数学的办法描述。由此可见,跳远的最优问题是以运动员能力本构特点为基础的运动员对起跳用力过程的最优控制问题,而不是文[1]中的  $v_1$  与  $v_2$  的最优化问题。

## 参 考 文 献

- [1] 葛隆祺,重新审度抛体理论在体育运动中的应用,力学与实践,12,6(1990).

(本文于 1991 年 4 月 9 日收到)