

投掷球出手速度测试仪的研制¹⁾

郭善儒 孙杰 曲衍方

(天津理工学院物理系)

投球手的“鞭打”素质(投物时手臂挥动抛物动作叫鞭打动作,鞭打动作好坏由鞭打素质反映)是衡量运动员的重要参量。而球体的出手速度是反映这种素质的重要指标。本文介绍了一种测量出手速度的仪器。该仪器利用光敏元件组成的光敏列阵传感系统,将投掷球出手后经过光平面的时间转换成电讯量,经“直径代最大弦长”后输入计算机处理并由计算机打印出最终结果,实现了快速自动检测与记录。

具有极强竞争性的体育运动项目,对运动参数的测试方法提出了越来越高的要求。运动参数的测定不仅能对运动员的训练起指导作用,而且人们更急迫地用于选才上。实践证明,谁能发现人才的先天优势,谁就有可能使他通过有效的训练而最大限度地发挥这种先天优势,从而使后天优势得以快速增进。这样就能从选才开始将竞争纳入“运动训练工程”这一科学程序,使运动员的成才率大大地提高。

在投掷运动中,运动员的先天“鞭打”动作是其投掷素质的重要指标。目前,国内外在选才时检验“鞭打”素质好坏的方法多用投掷轻器械——垒球来实现。投的远近就成为能力强弱的标准。这一方法是不科学的。因为小球被抛出的远近由许多因素决定:其一是先天素质的好坏,即“鞭打”动作的强弱;其二是出手速度 v_0 (v_0 取决于先天因素——鞭打素质,以及后天训练——全身肌肉协调动作的好坏);其三是 v_0 的方向(投掷角 α);其四是投掷点距地面的高度 h 。这样诸多因素决定着投掷物的飞行距离。因此用飞行距离来衡量人的“鞭打”素质就有很大的片面性。我们认为反映“鞭打”素质的主要参数是出手速度,尽管 v_0 是先天素质的后天能力的综合反映,但 v_0 却与投掷角 α 及投掷高度 h 无关。因此用 v_0 来衡量“鞭打”素质比用投掷距离更接近于真实情况。

“国际联机检索”表明,国外尚未见到过类似的测量仪器和方法。本仪器的基本设计思想是采用飞行球体的“直径代最大弦长”的方法。这一方法的运用使快速自动测量成为可能。

一、仪器结构

该仪器由六部分组成:(1)光源与光场;(2)列阵传感系统及放大电路;(3)计算机接口电路;(4)计算机处理及打印;(5)电源;(6)投掷球组。

1. 光源及光场

光源是由多个点光源与若干透镜组成的光源列阵(图1)。该光源列阵产生多束平行光,并有序地排列成一平行光光平面,即平行光光场。当投掷物通过该光场时,将在列阵传感器的受照区形成影象覆盖。

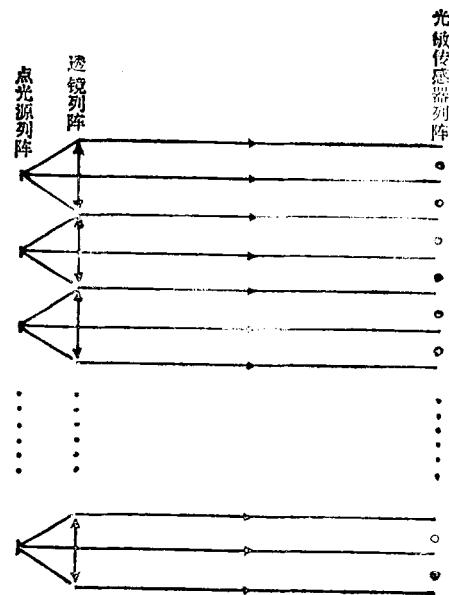


图 1

2. 列阵传感系统及放大电路

光敏元件按一定要求等距离地排成一列,

构成列阵传感系统, 该列阵的阵线与光平面平行, 并被光平面完全照射。当飞行物飞越光平面时, 飞行物的影象(阴影)将有规律地使若干阵点处于暗区一段时间, 分别为 $t_1, t_2, \dots, t_i, \dots, t_n$ 。于是被阴影覆盖的阵点(光敏二极管所在之处)将发出“阴影覆盖脉冲”, 其脉冲宽度分别为 $t_1, t_2, \dots, t_i, \dots, t_n$ 。

列阵传感系统是由 24 个阵点和 24 路信号放大电路组成。尽管一次投掷只能触发几个阵点, 然而由于投掷的随机性, 每次投掷物飞越的阵点区不尽相同, 所以在每个阵点后面均跟有一路放大电路^[4]。

3. 接口电路

经 24 路放大电路输出的信号将通过接口电路逐一送到计算机中。

4. 计算机处理及打印

每次通过接口电路送入计算机的信号有五路左右, (由列阵系统及飞行物决定), 每路信号均以时间长短来区别。例如, 在某次投掷中, 球体阴影挡住第 5, 6, 7, 8, 9 五路光敏元件, 图 2 示出了每个光敏元件被遮盖的时间 t_5, t_6, t_7, t_8, t_9 , 该时间序列经计算机作排序、选大^[2,3](即选时间延续最长的那个脉冲 t_7) 处理后, 选出球体飞越光平面所需的最长时间, 并使之参与运算, 而将 v 值通过打印机打出。

5. 电源

该电源将以四路输出, 分别作为列阵传感系统、放大电路、接口电路及计算机的工作电源。

6. 投掷球组

为适应不同年龄段的选手, 选择直径分别为 70mm, 80mm, 100mm 的垒球, 每组五个。

二、工作原理

该仪器是快速测量投掷物出手速度的设备。根据公式 $v = \frac{s}{t}$, (1)

为了求得速度 v , 必须知道在 t 时间间隔内, 飞行物通过的路程 s 。

1) 该仪器已获天津市第三届发明展览优秀发明奖及第四届全国发明展览铜牌奖。

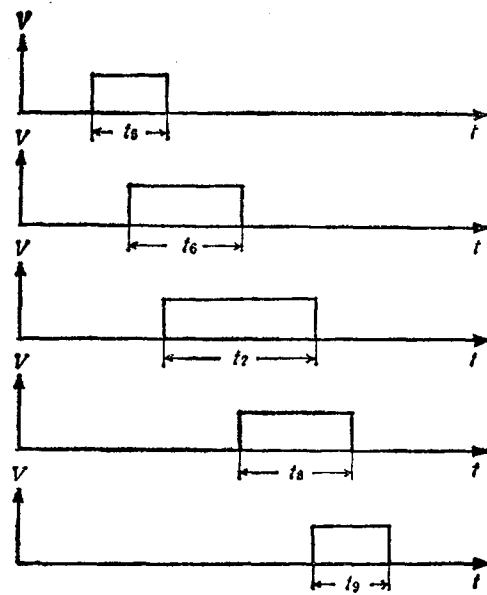


图 2

令飞行物——球在出手的一刹那, 刚好通过光平面, 这时球的阴影将遮盖住传感系统中的某几个阵点(见图 3, 图中平行光场垂直于纸面并指向纸内), 位于这些阵点上的光敏二极管相继产生了阴影覆盖脉冲。一般来讲, 这些脉冲的宽度是不相同的(见图 2), 它们反映了阵点处光敏二极管被覆盖的时间 t_i 。由图 3 看到, 球的阴影通过阵点, 只是球的若干条弦的阴影(下称影弦, 与球的飞行方向平行)通过阵点。如影弦 s_5 通过第 5 阵点, 影弦 s_6 通过第 6 阵点, 影弦 s_i 通过第 i 阵点……等等。因此第 i 个阵点给出的阴影覆盖脉冲宽度 t_i 就是影弦 s_i 通过该阵点的经历时间。所以, 飞行路程 s_i (即影弦)与飞行时间 t 是一一对应的。

由图 3 可以看出, 在一次投掷中, 球的阴影遮盖住 N_0 个阵点(列阵总阵点数为 N , 而每次被遮盖阵点数 N_0 是随机的), 即有 N_0 条影弦有序地通过各自对应的阵点。由于投掷的随机性, 在一次投掷中由哪些影弦通过阵点是不可预知的。因此, 无法把握用哪条影弦来参与运算。尽管如此, 我们还是可以想出近似的方法, 这就是“直径代最大弦长”的方法, 即用直径 d 代替最大弦长 s_{max} 来参与运算。为了实现“直径代最大弦长”这一想法, 必须找到哪条弦是最

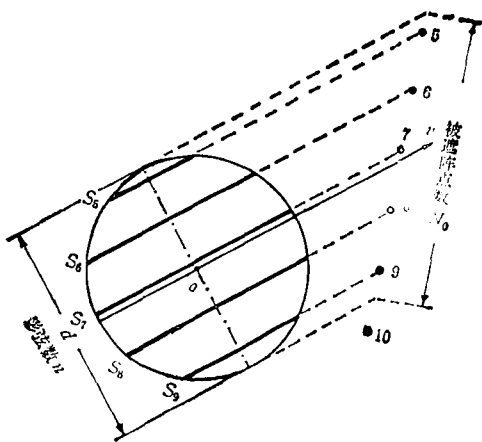


图 3

大弦。很明显，最大弦长是最接近直径的那条弦。球通过阵点时，被阴影覆盖时间最长的那个阵点所对应的弦，就是最接近直径的那条弦 s_{max} 。如果把由于 d 代替 s_{max} 而引入的误差限制在允许的范围内，则“直径代最大弦长”的设想就实现了。飞行时间 t 由光敏二极管的关闭时间来标志。

利用直径 d 代替最大弦长 s_{max} ，并由(1)式

$$\text{可知, } v = \frac{s_{max}}{t_{max}} \approx \frac{d}{t_{max}} \quad (2)$$

(2)式就是我们所采用的速度近似公式。

三、列阵传感系统的设计

本仪器的核心部分在于合理地设计列阵传感系统。在设计中受到如下两方面的约束：即最佳投掷角约束(下称 α 约束)和影区阵点数约束(下称 N_0 约束)。

在投掷运动中，不同的投掷项目有不同的最佳投掷角 α ，其中手榴弹的最佳投掷角为 $42^\circ - 44^\circ$ ，链球的最佳投掷角为 $42^\circ - 44^\circ$ ，铅球的最佳投掷角为 $38^\circ - 42^\circ$ ，标枪的最佳投掷角为 $33^\circ - 36^\circ$ ，铁饼的最佳投掷角为 $32^\circ - 36^\circ$ 。据此得到投掷运动的合理投掷角 α 应在 32° 和 44° 之间。令 $\alpha_1 = 32^\circ$ ， $\alpha_2 = 44^\circ$ ，由图 4 可知，

$$\frac{d}{l} = \cos \alpha,$$

其中 d 为球直径， l 为球能遮盖的光敏列阵长度。当代入 α_1 和 α_2 时，得 l_1 和 l_2 ，于是 l 应处

物理

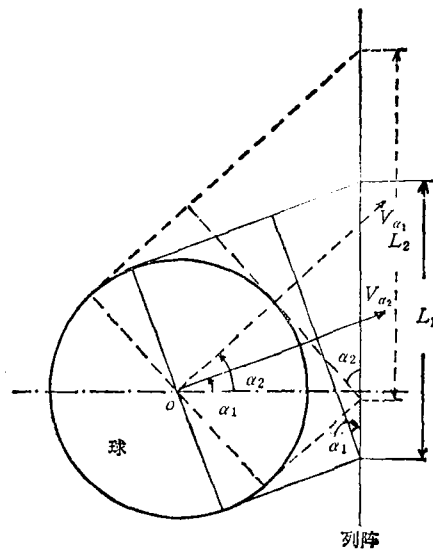


图 4

于 l_1 和 l_2 之间。

根据飞行距离“代换”的分析，球在飞行过程中，其影象遮盖的阵点数 N_0 越多，计算出的 v 值就越接近真值。所以，被遮盖住的阵点数 N_0 又构成另一个设计的约束条件，即 N_0 约束。

尽管在 l_1 到 l_2 的阴影覆盖区内，阵点数可以随意增多，然而阵点数越多，设备就越复杂，就越不经济。因此适当地选取 N 值是必要的。为此应先找到 N 与“代换”误差的关系。

设阴影区有 N_0 个阵点，这就意味着有 N_0

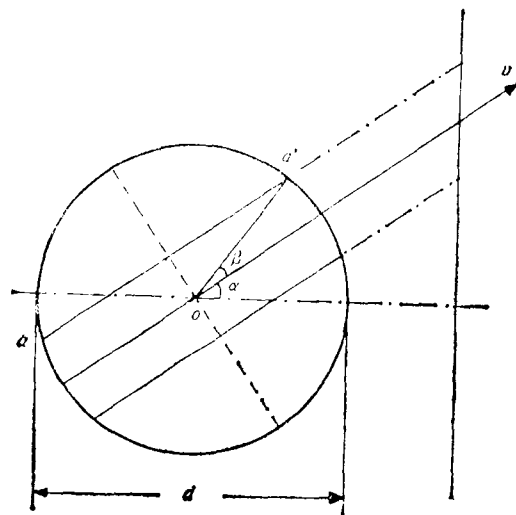


图 5

个弦相继通过对应的阵点(见图3)。我们考察与直径靠得最近的那条弦(如图5中的 $\overline{aa'}$)，由几何关系可以得到由直径代最大弦长所引起的误差为

$$\Delta d = d - \overline{aa'} = d(1 - \cos\beta), \quad (3)$$

其中 β 由关系式 $\sin\beta = \frac{1}{N_0}$ 给出。

现将与 N_0 对应的有关数值列在表1中(设 $d = 10\text{cm}$)。

表 1

N_0	5	6	7	8
β	11°32'	9°35'	8°13'	7°11'
Δd	0.2019	0.1395	0.1027	0.0785
$\Delta d/d$	2.0%	1.4%	1.0%	0.8%

当考虑到 l 的取值范围和体育运动对误差的要求不高时，我们可以作如下估算：

当 $N_0 = 6$ 时，则阵点间距为 $l_1/N_0 = 2.0\text{cm}$ ， $l_2/N_0 = 2.3\text{cm}$ ；当 $N_0 = 7$ 时，则 $l_1/N_0 = 1.7\text{cm}$ ， $l_2/N_0 = 2.0\text{cm}$ 。由此可见，当 $l_0 = 2.0\text{cm}$ 时，引入的误差在1.0—1.4%，这对体育运动已经是足够了。

(上接第275页)

高了善于逻辑思考的人的“左脑”的能力，还完全缺乏人的直观和迅速捕捉所见事物图象的“右脑”能力。生物学家发现，在认识语言时，人的大脑要把右脑里出现的图象送到左脑里，在那里给语言贴上正确的标记。木村教授认为，电子计算机要模仿人的视觉和听觉，就应该有“右脑”的功能。这方面的进展很快，不断出现新的情况，以上仅是举例说明。

中国计算机学会代表团参加 FGCS' 88 会议之后，写了一篇总结文章，详细记载了世界各国在知识信息处理方面所取得的成果，请参阅中国计算机学会编印的《1988年国际学术交往情况汇报汇编》。

考虑到球出手时，运动员对出手点的高度有一个范围要求，因此我们取列阵长度为460mm。于是，列阵传感系统的全部参数就已经确定了。

列阵传感系统阵长 $L = 460\text{mm}$ ，

列阵传感系统阵点间距 $l_0 = 20\text{mm}$ ，

列阵传感系统阵点数 $N = 24$ 。

由于飞行物的速度较高，所以本传感系统采用了反应速度较快的光敏器件。

本仪器由于采用了光电传感计时，并在数据处理上采用了“直径代最大弦长”这一近似处理方法给出了投掷物出手速度，从而使仪器具有测量速度快(投球后几秒钟可打出结果)和重复性好(非接触式光电检测)等特点。因此，该仪器不仅可用于测量运动员的训练效果，而且还可用于选才和大面积普查。这将为对不同年龄段的青少年的“鞭打”素质提供出统计数据。该仪器已制出样机，并于1988年12月26日通过天津市科学技术委员会鉴定。

- [1] 吕广平、徐笑貌，集成电路应用500例，人民邮电出版社，(1983)，1—50。
- [2] 周明德，微型计算机硬件软件及其应用，清华大学出版社，(1982)，50—90。
- [3] 刘全忠，Z-80汇编语言实用程序，天津科学技术出版社，(1984)，40—50，88—116。

国内根据对智能计算机系统的需求，近几年来也开展了11个方面的研究开发工作，其中有的已取得阶段结果，有的形成了实用系统，有的在基础研究方面有所发现和创新，撰写了学术报告或出版专著，得到国际上的重视。11个方面的工作是：专家系统；智能模拟系统；声、图、文智能接口系统、汉字识别与文本处理系统；智能工具机；智能操作系统和智能系统开发环境；知识库，知识库机和分布式知识库管理系统；智能软件生产自动化；可重用软件技术；智能化的决策和管理系统；智能CAD；基础研究。

- [1] 史忠植编著，知识工程，清华大学出版社，(1988)，192—193。
- [2] 陈树楷、方滨兴，电脑学习，No. 2 (1987) 3—7。