



运动激光测速系统的研制

陈骐¹、宣华²、何伟¹、王建明³、肖书明¹、南鹤⁴

1. 国家体育总局体育科学研究所体育工程研究中心, 北京 100061, Email: chenqi@ciss.cn; 2. 国家体育总局体育科学研究所北京国家科技开发服务中心, 北京 100061; 3. 北京师范大学信息科学与技术学院, 北京 100875; 4. 北京世祥瑞瑞科技有限公司, 北京。

概述 Introduction

本系统研发的依据直接来源于国家田径队的日常训练实际需求, 最终目的就是为了获得更加先进、实用的技术手段。田径运动训练中, 如果“能够连续、准确地得到运动员在短跑(直线运动)训练中速度的数据及变化曲线, 以此来评价运动员在短跑全程(包括: 起跑、加速、保持、冲刺等阶段)训练的效果”, 并且这种方式或技术简单易行且直观准确, 将对训练和科研大有裨益。

现状分析 Analysis

当前, 常用的速度测量技术手段和仪器设备大致包括: 红外技术测速、雷达测速、超声波测速、摄影摄像测速、秒表计时设备等等。这些技术手段和设备存在着一些缺陷, 或多或少存在着使用不便、反馈速度较慢、测量精度有限等局限性, 难以同时达到简单易用、反馈迅速、直观精确的要求。根据以上的分析, 利用激光测距传感器技术来实现测速需求。德国 Jenoptik 公司曾利用激光技术研发了运动测速系统, 但在 2005 年后, 未见其继续研发和生产此类系统。但是体育领域的需求依然存在。

技术原理 Principle

激光的特性是频率特定、波长分布范围窄、指向性强、能量大, 其速度约为 29.97 万公里/秒。利用激光指向性强, 不易散射和激光发射的频率较高的特点, 能够实现非常精确地距离测量和速度测量。对被测物体发射激光光束, 再接收该激光光束的反射波, 发射和反射波之间存在该时间差 Δt , 而激光光速 v 在自然界基本恒定(约 29.97 万公里/秒), 利用时间差和速度可以确定被测物体与测试点的距离 $D = v \times \Delta t$ 。激光测速则是对被测物体进行两次特定时间间隔的激光测距, 取得在该时间段内被测物体的两个距离 D_1 和 D_2 , 进而得到该被测物体的移动距离 $\Delta D = D_2 - D_1$, 两次激光脉冲发出的时间间隔 T 是不变的, 因此被测物体速度可以用公式 $V = \frac{\Delta D}{T}$ 计算得到。一般情况下, 计算得到的是一段间隔内或者一定距离内的平均速度。而由于激光发射频率高, 短时间内能够获取大量测距数据, 平均速度中的时间间隔非常短, 在当前对于体育测速的要求下, 可以视为“瞬时”速度, 这些大量的“瞬时”速度数据, 可以精确而且全面地呈现运动过程中的接近“实时”的速度变化情况

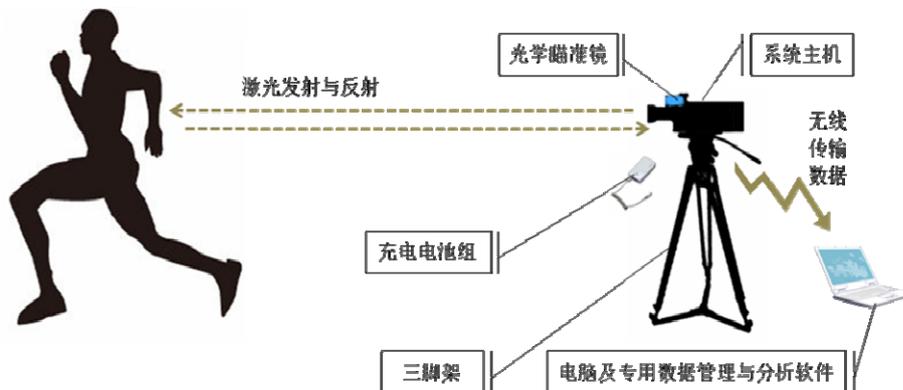
技术研发和结果 Development & Results

系统设计的核心部件是激光发射传感器。根据本系统设计的要求, 通过调查研究和对比, 选用美国 Universal Laser Sensor 激光传感器。根据国际电子技术委员会 IEC 和美国 FDA《联邦规章典集》Code of Federal Regulation 第 21 篇中(CFR 21)对于激光设备和产品的安全性的规定, 按照激光脉冲功率输出值分类如下, 并根据对于人眼睛的最大可能的伤害 MPE (Maximal Possible Effect) 为基准进行安全性评价, 其输出功率小于 0.4 毫瓦, 安全等级为 Class I 级, 对于人体没有伤害。ULS 集激光发射/接收, 测试数据采集和传输于一体。其它特点包括:

- (1) 集激光发射/接收, 测试数据采集和传输于一体。
- (2) 可以二次编程使用, 可以在确定的精确范围内自行

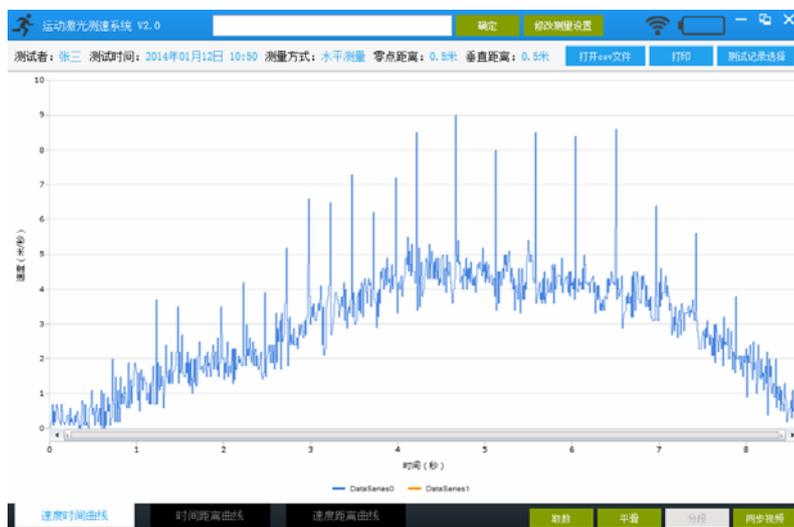
调整测试范围，对测试数据进行平均取值以提高精度，可以调整参数控制采集数据的频率。（3）可以非常容易地设置和调整各种参数控制传感器的操作。可以控制所发射的激光能量水平来改变测量的量程，以便适应空气环境清洁的环境或者空气颗粒物较多的环境。（4）结构紧凑，可以通过二次设计安装在特殊设计的设备和仪器上。

根据速度测试的方式，系统构成设计如下图所示。系统包括：激光测速主机；充电电池组（电量显示和充电器）；光学瞄准镜；专用数据管理与分析软件；三角架。



本系统的应用环境是运动现场，要在在运动现场实现数据的实时采集和显示，所采集的数据能够以数据表、曲线（速度/时间，速度/距离）等方式反馈，以便现场指导训练。因此，必须实现数据的实时采集、存储、传输和显示。根据以上要求，设计测试数据的预处理器由单片机完成。单片机负责完成用户指令执行、传感器数据接收、数据缓存、数据无线传输和系统工作状态监测等工作。由于运动现场安全性要求，必须采用无线方式将数据传输至电脑终端，确定采用 WiFi 技术实现。

利用 ULS 的数据输出接口，先将数据传输至单片机缓存，再通过 WiFi 模块发送，电脑软件接收数据，在数据表中存储两个固定间隔目标的距离数据 D_1 和 D_2 ，以及这两个测量脉冲固定之间固定的时间间隔 T ，利用公式计算产生速度数据： $v = \frac{D_2 - D_1}{T}$ 。软件以数据表或者曲线方式显示数据/距离、数据/时间等数据。



利用 ULS 的数据输出接口，先将数据传输至单片机缓存，再通过 WiFi 模块发送，电脑软件接收数据，在数据表中存储两个固定间隔目标的距离数据 D_1 和 D_2 ，以及这两个测量脉冲固定之间固定的时间间隔 T ，利用公式计算产生速度数据： $v = \frac{D_2 - D_1}{T}$ 。软件以数据表或者曲线方式显示数据/距离、数据/时间等数据。

结论 Conclusion



本系统已经经过田径运动的训练试用。是适用于体育训练、科研与教学的专业直线运动测速系统。系统可以 100Hz/50Hz 频率测量 150 米范围内直线运动速度，速度测量精度达到 0.1 米/秒，可在运动现场得到速度与时间、速度与距离、距离与时间曲线，以及定量数据，可以作分段距离间隔标记。可用于短跑、跨栏、跳远助跑、三级跳助跑、撑杆跳助跑等项目的训练指导、科学研究以及教学。系统数据采集与分析软件为全中文界面。数据传输采用无线方式，使用操作简单易行，数据精确可靠，便于统计与分析。非常适合于体育训练、科研、教学，也适合车辆等物体的直线运动测速用途。