



激光对射式光电传感器实现 定位车快速精确定位

李靖宇

(神华黄骅港务有限责任公司, 河北 沧州 061113)

摘要: 翻车机作业时, 需要快速精确定位火车位置。提出一种利用安装在固定位置的多组激光对射式光电传感器, 预先提供定位车目标位置, 实现定位的快速性。通过由编码器、高速计数模块、模拟量输出模块、变频器等组成的系统实现定位的精确性。

关键词: 激光对射式光电传感器; 定位车; 快速; 精确; 定位

中图分类号: TN 248

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2015)04-0050-05

Fast and precise train positioning using laser photoelectric sensor

LI Jing-yu

(Shenhua Huanghua Port Co., Ltd., Cangzhou 061113, China)

Abstract: When the car dumper operates, it requires fast and accurate train location. This paper proposes a multi-group opposite type laser photoelectric sensor installed in a fixed position, which needs target location to achieve fast positioning. This system guarantees the precise positioning using the encoder, high-speed counting module, simulation system output module, inverter and other components.

Keywords: opposite type laser photoelectric sensor; car positioner; rapid; precise; positioning

翻车机作业时, 需要快速精确定位火车位置。实现快速定位, 能大大提高翻车机的作业效率; 实现精确定位, 能大大减少翻车机自动作业的中断次数, 减少故障时间。本文主要针对黄骅港的 9 台双翻翻车机进行阐述。

1 翻车机系统工作流程

翻车机系统分为定位车、推车机、翻车机主体 3 大主要运动机构, 他们共同协作, 完成火车的翻卸任务。

黄骅港的翻车机可以同时翻卸 C64 摘钩车和 C70 旋转钩车 (不摘钩车)。在翻卸 C64 摘钩车

时, 由于需要将车辆解体, 然后定位车或者推车机牵引车辆进行定位, 因此对定位车或者推车机定位精度要求不高, 误差在 ± 20 cm 即能满足现场工况需求。但在翻卸 C70 旋转钩车时, 对定位精度的要求就大大提高了。

在翻卸 C70 旋转钩车时, 以定位车为例, 定位车需要完成如下动作: 定位车伸臂→定位车牵引整列重车前进 27 m→将两节重车定位在翻车机平台→定位车在此位置等待 10 s, 直到整列火车完全停止→定位车缩臂→定位车返回到伸臂位置→定位车落臂。如此循环 (图 1)。

收稿日期: 2014-07-09

作者简介: 李靖宇 (1978—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事煤炭装卸设备管理与维修工作。

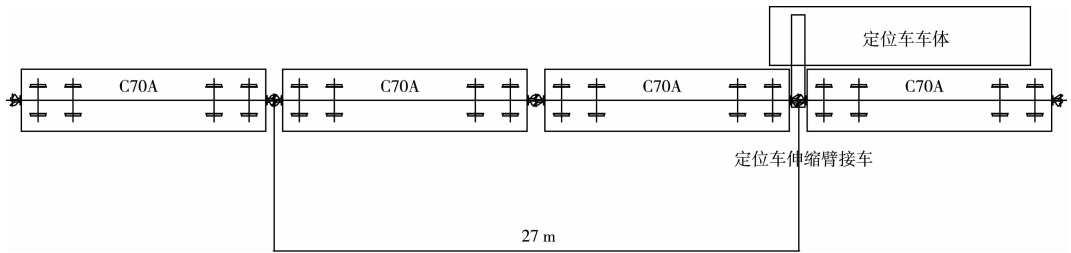


图 1 定位车循环作业

2 国内其他港口现有定位技术及存在的问题

秦皇岛港煤二期，采用在定位车主体安装2个红外线反射式光电传感器来辅助定位。由于定位车目标位置不能预先得到，因此定位车定位不能实现快速性，并且容易受恶劣天气的影响，影响精确性。

曹妃甸煤炭港采用定位车主体安装激光发射器和接收器、在地面安装反射板的方案来实现辅助定位。这种定位方式不容易受恶劣天气影响，定位比较精确，但是同样由于定位车的目标位置不能预先得到，不能实现快速定位。

由于火车制造的原因，每节 C70 火车的长度并不是严格相等，并且由于火车钩头内部存在缓冲弹簧，造成两节火车的总长度在 27 m 上下波动，不是一个固定值，因此定位车返回到伸臂位置的具体数值是不确定的。为了解决这个问题，在原设计中使用了红外线反射式光电传感器进行辅助定位。这两个传感器安装在定位车车体上跟随定位车移动，原理是在定位车返回到伸臂位置过程中，当定位车离伸臂位置大约 2 m 左右时定位车减速慢行，此时光电传感器 2 开始对火车车帮进行检测，一旦光电传感器 2 检测到火车钩档信号，则将定位车当前的即时位置减去一个固定值（一般为 2 节火车钩档之间的距离）作为定位车行走的目标位置，定位车行走到此位置后，2 个光电传感器应该都检测到钩档，此时定位车可以伸臂（图 2）。

定位方式存在 2 个缺点：

1) 由于红外线反射式光电传感器的检测延时及 PLC 扫描运算的延时，以及这种延时大小的不确定性，定位车必须以很慢的速度行走，从而使

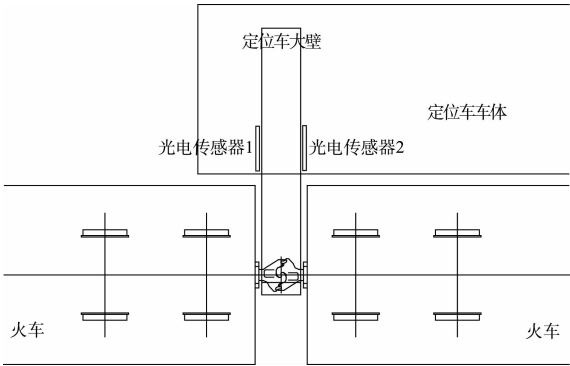


图 2 定位车光电传感器定位

得由于这种延时产生的误差可以忽略。但是这会大大影响定位车的作业效率，在定位阶段，虽然只有几米远的行走距离，但是花在这里的时间却是几十秒，成了整个翻车机作业过程中的瓶颈。

2) 由于红外线反射式光电传感器自身的局限性，当出现雨、雪、雾、大风等恶劣天气时，定位非常不准^[1]。每当出现定位不准的现象时，需要等待所有高速运行的设备运行到当前步骤结束、速度为零后，由翻车机操作员将定位车改为手动控制，人工将定位车开到可以伸臂位置，然后再启动设备自动运行，这个过程即使最优秀的翻车机操作员也需要 2 min 以上才能完成，严重制约翻车机的作业效率。

3 激光对射式光电传感系统

3.1 系统简介

为了提高作业效率，设计了基于激光对射式光电传感器的快速定位方案，能大大减少用于定位的时间，并避免恶劣天气的影响。

激光对射式光电传感器由发射器和接收器组成，结构上是两者相互分离的，在光束被中断的

情况下会产生一个开关信号变化。它广泛应用于机械、机床制造业及纺织等各行各业，作限位、定位检测、测速、自动保护、工业生产自动流水线等应用，激光光电传感器对提高自控系统的先进性和可靠性、具有巨大的作用^[2]。

激光对射式光电传感器有以下特点：1) 当物体阻断发送器与接收器之间光源时检测物体；2) 检测距离长（可达几十米）；3) 光束强，检测状态稳定不易受干扰，可以可靠使用在野外或者有灰尘的环境中；4) 可检测不同性质、不同外形、不同材质及不同颜色物体^[3]。

因此，激光对射式光电传感器完全能够适应翻车机作业现场恶劣的工作环境^[4]。

3.2 硬件安装

根据测量统计，确定在作业 C70 火车时，定位车可以伸臂的位置在 $3\,000\text{ mm} \pm 150\text{ mm}$ （相对于所定义的零点之间的相对位置）之间波动，并允许有 $\pm 20\text{ mm}$ 的定位误差。因此在定位车 $3\,000\text{ mm}$ 位置附近安装一个固定的支架（图 3），在支架上每隔 10 mm 布置一套激光对射式光电传感器（图 4）。

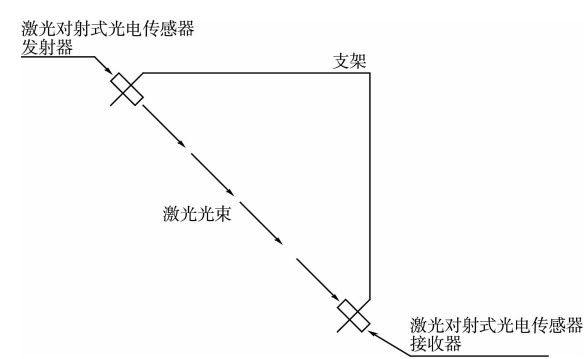


图 3 光电传感器支架

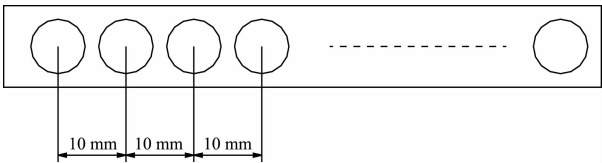


图 4 支架上每隔 10 mm 布置一套光电传感器

这样一共有 30 套光电传感器。然后调节这 30 套光电传感器的位置，使得定位车可以伸臂位置在 $3\,000\text{ mm}$ 时火车车皮正好挡住传感器数量的一半，即 15 个传感器光束被挡住，另外 15 个传感器的光束能够穿过火车的钩档（图 5）。

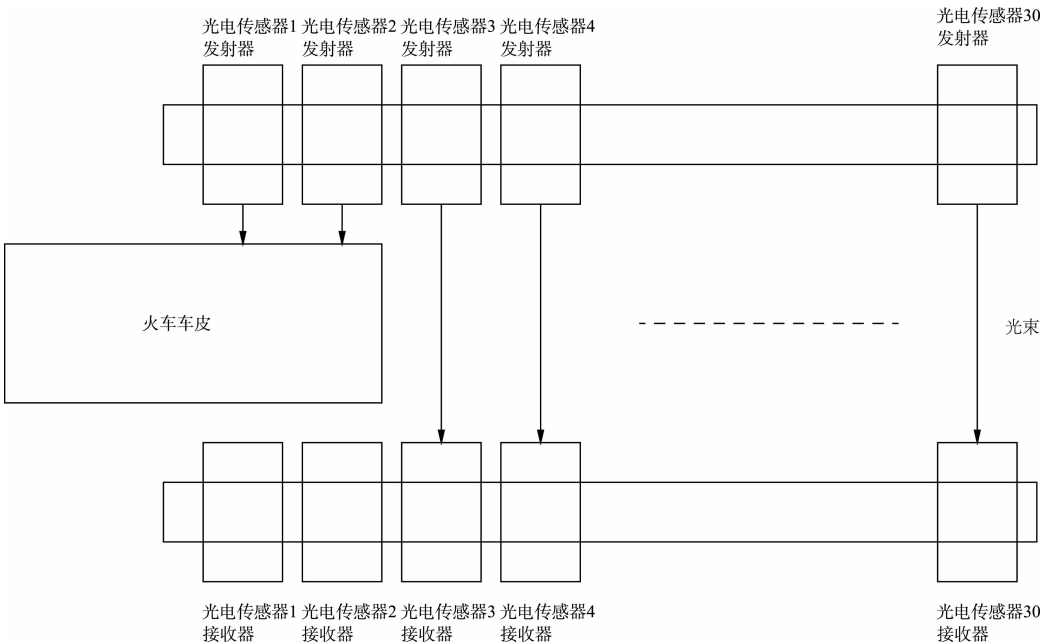


图 5 光电传感器遮挡示意

这样，PLC 将收到 30 个开关量信号，根据这 30 个信号进行编址，从而得到定位车行走目标位置数据^[5]。

3.3 计算方法

因为在定位车可以伸臂位置附近，被火车车皮挡住的光电传感器是连续的，没有被挡住的光

电传感器也是连续的，所以首先要确定没有被火车车皮挡住的光电传感器的数量。在程序中，被挡住的光电传感器信号为 0，没有被挡住的光电传感器信号为 1，所以把 30 个传感器的信号加到一起，即得到没有被车皮挡住的光电传感器个数 n 。

因为定位车可以伸臂的位置在 $3\,000\text{ mm} \pm 150\text{ mm}$ 之间波动，在支架上激光对射式光电传感器的间距是 10 mm ，并且定位车可以伸臂位置在 $3\,000\text{ mm}$ 时火车车皮正好挡住传感器数量的一半，即 15 个传感器光束被挡住，另外 15 个传感器的光束能够穿过火车的钩档。所以定位车的目标位置为：

$$S = 3\,000 - 150 + 10\,n \tag{1}$$

这样，当定位车将整列重车定位完成后返回到伸臂位置时，定位车的目标位置 S 早已确定，定位车可以高速行走到此位置，而不用考虑各种延时产生的误差，同时不会受到恶劣天气的影响。可以大大提高作业效率。

另外，采用以上方法定位时，如果这 30 组光电传感器中有出现故障的情况，则会影响位置的确定，从而造成定位不准。所以必须编制程序检测光电传感器故障。可以采用以下方法：在定位车牵引整列重车前进的过程中，这 30 个光电传感器必然有全部被火车挡住的情况和经过钩档时全部没有挡住的情况，即在定位车牵引整列车前进过程中， n 的数值至少有一次为 0 和有一次为 30。因此，可以对 n 为 0 和 30 的次数 x 、 y 分别进行计数，如果定位车牵引整列车前进完成后 $x \geq 1$ 、 $y \geq 1$ ，则认为所有光电传感器都是正常的；否则认为出现故障，发出报警，提示进行维修。当定位车返回到伸臂位置时，对 x 、 y 清零。

4 提高定位车定位精度

通过以上方法，可以快速得出定位车行走的目标位置。但是仅仅有了目标位置还远远不够，还须让定位车精确地停在目标位置附近（定位误差不能超过 $\pm 3\text{ mm}$ ），否则定位车大臂就不能准确地落在火车钩档内，造成作业中断。因此对定位车的定位精度提出了很高的要求。

4.1 硬件实施方案

设计的系统采用高速计数模块^[6]计算安装在定位车上的编码器的数值，采用模拟量输出模块控制变频器的输出速度。

定位车编码器采用增量型编码器^[7]，这种编码器具有价格便宜、接线简单等优点。高速计数模块接收增量编码器的 A、AN、B、BN 信号，通过信号和取反信号的方式能够很好地抵抗电磁干扰，通过 A、B 的相位差可以判断出编码器的旋转方向从而知道定位车行走的方向，最后通过计算脉冲的数量知道定位车行走的距离。

PLC 中的控制程序根据给定值和编码器的数据，计算出此时定位车应该执行的行走速度，通过模拟量输出模块折算成包含速度信息和方向信息的 $\pm 10\text{ V}$ 电压传送给变频器，变频器根据 $\pm 10\text{ V}$ 的电压给定值输出，控制定位车的行走速度和方向。

4.2 算法

根据实际需要，定位车的运动大致分为开始启动、以加速度 a 加速、到达给定速度后匀速行走阶段、将要到达目标位置时以加速度 a 减速、到达目标位置停止几个部分。

4.2.1 以加速度 a 加速

在以加速度 a 加速阶段，采用与时间相关的速度公式计算：

$$v_t = v_0 + at \tag{2}$$

式中： v_t 为当前的速度； v_0 代表定位车的初始速度； a 为系统设定的加速度值； t 为当前时刻。

在实际工况中，不需要定位车在行进过程中改变速度和加速度，这样在定位车加速阶段，情况变化比较简单，即 $v_0 = 0$ ，式(1)则变成 $v_t = at$ 。

用一个 PLC 中的计时器指令（例如 T4:1）从 0 开始计时，计时器的预置值 T4:1. PRE 为需要设定的加速时间，计时器的累计值为 T4:1. ACC。

则定位车在从静止开始以加速度 a 加速，时间一直持续到计时器的累计值到达预置值，然后定位车以这个速度一直匀速前行，直到接收到新的指令。

$$v_t = a(\text{T4:1. ACC}) \tag{3}$$

实现了定位车的即时速度以加速度 a 匀速增加。得到的速度曲线见图 6。

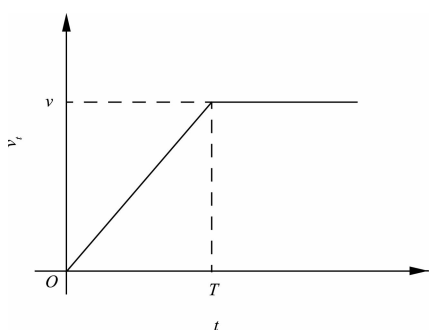


图6 定位车加速阶段速度曲线

4.2.2 以加速度 a 减速

当定位车继续前行、将要到达目标位置时，应该以加速度 a 开始减速直至停止。在实际情况中定位车的速度实际值与理论计算值存在一定的误差，如果在减速阶段也采用与时间相关的变量来控制定位车的速度，那么将不能实现定位车停在精确的给定位置。所以采用与定位车当前位置和给定目标位置的差 S 相关的变量来控制定位车减速阶段的即时速度。

$$v_t^2 - v_0^2 = 2aS \quad (4)$$

式中： v_t 为定位车的当前速度； v_0 为 0（即定位车到达目标位置时必须停止，速度为 0）， a 为给定的加速度值； S 为定位车当前位置和给定目标位置的差。则通过换算可以得出 v_t 为 $2aS$ 的开方值。这样随着 S 的不断减小，定位车的即时速度也越来越小。

当定位车无限接近目标位置时，速度将趋于 0，定位车会以非常慢的速度行走，因此，需要为定位车设置一个速度最小值 v_1 ，当程序计算的定位车即时速度小于 v_1 时，定位车以速度 v_1 行走，到达目标位置后，立刻停止，速度曲线见图 7。

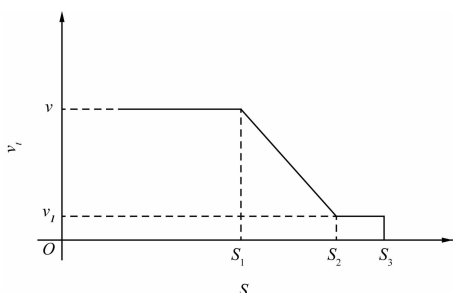


图7 定位车减速阶段速度曲线

定位车行进到 S_1 位置时，必须以加速度 a 开始减速，并继续前行，当定位车行进到 S_2 位置时，根据计算得出的定位车即时速度已经很小（小于 v_1 ），

此时定位车以速度 v_1 继续前行，到达目标位置 S_3 时，速度设置为 0，定位车立即停止。

4.2.3 速度最小值的选取

在实际工况中，定位车在行走过程中可能发生故障而停止行走，当故障处理完毕定位车重新启动时，很可能发生定位车距离目标位置非常近，定位车正在加速阶段时，已经必须减速。所以取加速阶段和减速阶段的即时速度较小者作为定位车实际的速度输出^[8]。

4.2.4 用即时速度折算成模拟量输出

用通过上述方式获得的即时速度折算成 $\pm 10V$ 的模拟量输出，正值代表定位车前行，负值代表定位车返回，中间部分呈线性关系。通过这种计算方法，定位车的定位精度大大提高，控制在 $\pm 3 \text{ mm}$ 。

5 结论

通过安装在固定位置的多组激光对射式光电传感器实现了翻车机作业时定位车定位火车的快速性。通过由编码器、高速计数模块、模拟量输出模块、变频器等组成的系统和相应的算法程序实现了翻车机作业时定位车定位火车的精确性。满足了现场工况需求，大大提高了翻车机的作业效率。

参考文献：

- [1] 乔勇惠. 光电传感器原理及应用[J]. 可编程控制器与工厂自动化, 2008(5): 103-106.
- [2] 郝飞, 王海鸣. 激光传感器在工程机械中的应用[J]. 建筑机械, 2007(17): 62-65.
- [3] 李丽宏, 邢桂甲, 李晓林. 激光传感器在车辆宽高超限检测中的应用[J]. 电子设计工程, 2011(10): 86-88.
- [4] 朱伟, 韩服善. 光电传感器在自动化生产线上的应用[J]. 电子工程师, 2004(8): 72-73.
- [5] 李志瞳. 光电检测传感器阵列在运动物体检测中的应用[J]. 电子世界, 2012(13): 89-90.
- [6] 李秋红, 李辉. 利用高速计数模块进行定位控制及研究[J]. 金属材料与冶金工程, 2011(3): 46-48.
- [7] 曹艳华, 刘可. 浅谈增量型编码器在侧式刮板取料机中的应用[J]. 企业技术开发, 2012(22): 35-36.
- [8] 吴晓, 堵俊, 羌予践. 机床主轴定位速度控制的研究[J]. 机床与液压, 2008(7): 317-319.

(本文编辑 郭雪珍)