

PLC 控制的四点自动调平系统

1 引言

某火炮发射车为了提高命中率，在发射火炮前，必须先进行承载平台的调平。承载平台由四条支腿和四个轮胎支撑，为了保证调平后水平度的稳定，调平时首先让轮胎离地，只让四条支腿支撑平台，以克服轮胎变形引起的平面变化。要实现自动调平，就必须使电气控制系统和液压系统在计算机的控制下，成为一个有机的整体，协调、高效、准确地运行。平台控制的关键技术是调平算法的选择和自动调平技术的实现。我们使用了 2 个水平传感器，分别检测前后和左右的倾斜度，而每个支腿的升高都可能引起它们的变化，因此从控制系统来看，这是一个多输入多输出的强耦合的动态过程[1]。

火炮发射平台应该满足以下要求：

- (1) 调平后，平台由四条支腿支撑并与车体脱离；
- (2) 调平过程应在短时间内完成，并满足精度指标的要求；
- (3) 平台调平后，应进行锁定以保证平台的状态至少 24 小时不变。

为了提高火炮的机动性，我们研究开发了 PLC 控制的自动调平系统，这种系统调平时间短，调平精度高，操作简单可靠，对提高火炮的机动性能具有重大意义。

2 四点式平台的调平方法

图 1 是四点式承载平台示意图。按照对称矩形方式，采用 4 个垂直油缸来支撑平台。这种支撑形式具有稳定性好、抗倾覆能力强等优点，因此被广泛用于机动火炮的发射过程[2]。

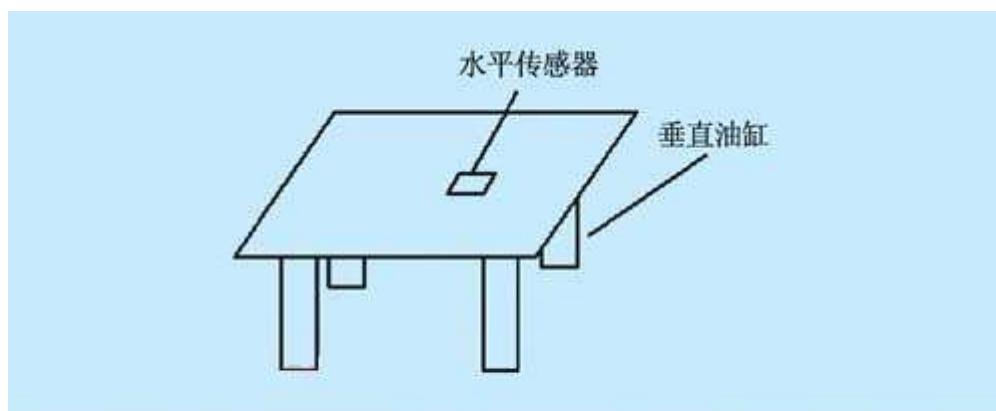


图1 四点式承载平台示意图

调平系统中水平传感器安装如图 2 所示，水平传感器与平台的一条对角支点连线平行安装。平台有 4 个支点，平台重心不在两水平传感器交叉点上。如图 2 所示，2 个方向倾角为 α 和 β ，传感器夹角为 γ ，则平台的倾斜度 θ 可以由 α 和 β

合成为：

$$\theta = \frac{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2 + 2\alpha \times \beta \times \cos\gamma}}{\sin\gamma} \quad (1)$$

如果 2 个方向的控制精度为 $\pm \delta$ ，则调平后平台的水平误差为：

$$\theta = \sqrt{2}\delta \frac{\sqrt{1 + \cos\gamma}}{\sin\gamma} \quad (2)$$

从(2)式可以得到，控制度 δ 一定，当 $\gamma=90^\circ$ 时，平台的水平误差 θ 取最小值，因此在大多数的调平系统中，两个传感器都互相垂直安装。此时

$$\theta = \sqrt{2}\delta \quad (3)$$

也就是说，两边的水平控制度应为整个平台水平控制度的 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ ，比如要求整个平台的倾斜度为 $2'$ ，则控制时 2 个方向的控制度应该为 $(\frac{1}{\sqrt{2}})'$ 。

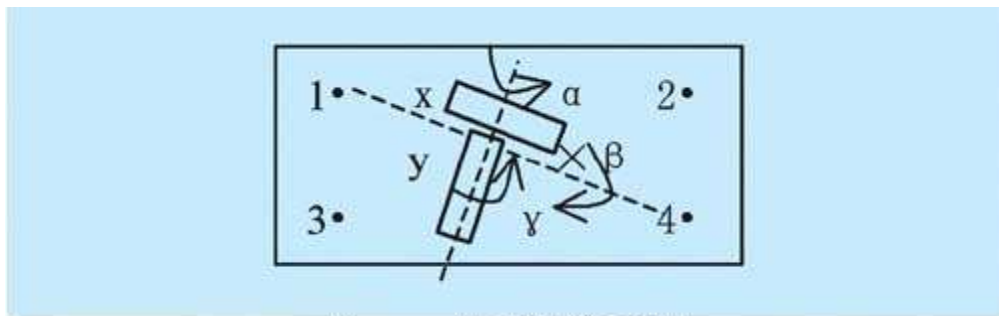


图2 传感器安装示意图

根据水平传感器测出的水平倾角可以判断出 4 个支承点的高低，找出最高点，按照“只升不降”的原则，采用升调平技术，把其他 3 个支点升高至与最高点处于同一水平面后，调平过程结束。其技术关键是如何根据 2 个水平倾角决定各支应该升高的高度，以及采用哪种方法去精确控制各支点升高的高度。

3 调平的 PLC 实现及系统构成

由于 PLC 的高可靠性和接口的简易性，使用 PLC 实现自动调平是一种很好的方法。假定最高支点高度为 A，某一支点高度为 B，按照升调平方法，则 B 点需要升高的垂直高度为 AB，我们可以用下面的公式计算出该支腿升高 AB 时所需要的脉冲数 n，从而控制该支腿升高的高度，达到调平目的。

$$n = \frac{AB}{\Delta P} \quad (4)$$

式中 ΔP 是产生 1mm 位移的固定脉冲，可以用实验方法精确测出支点升高 1mm 所需的时间，编程控制加于液压开关的脉冲个数就可实现要求的位移。

本系统选用德国 Siemens 公司的 SIMATIC S7-300 系列的 PLC 作为主控元件，其结构框图如图 3 所示。该 PLC 系统包含电源模块、CPU 模块、模拟量输入(AI)模

块、数字量输入(DI)模块和数字量输出(DO)模块[3]。通过2个水平传感器检测平台的左右倾角和前后倾角是否满足精度。检测出的倾角信号经相敏整流电路后送给模拟量输入模块。模拟量输入模块用来输入水平检测信号,自动完成A/D转换,然后送给CPU模块,与给定水平度进行比较。CPU模块作为控制器,可以发送各种控制命令,接收并处理各种数据,对整个系统进行协调控制。CPU模块输出的控制量通过数字量输出模块,控制各支腿继电器动作,从而可以控制各支腿的升降,达到调平目的。液电压力开关可以检测各个支腿是否着地,避免虚腿调平。支腿着地时,对应的液电压力开关就会闭合,数字量输入模块对应的输入信号就为高电平;反之,支腿悬空时,对应的输入信号就为低电平。CPU模块根据读入的数字量做出相应的处理。

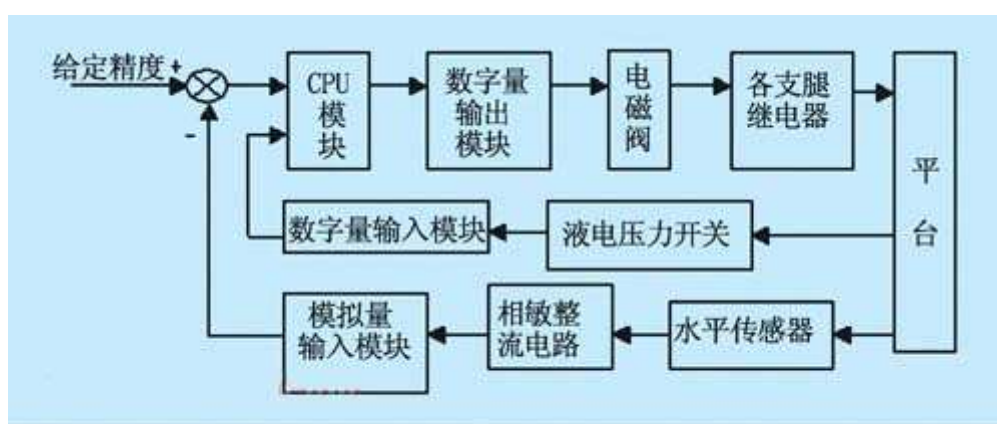


图3 调平系统的结构框图

4 系统的工作过程

本系统的工作过程与系统的软件流程相对应,分为四大模块,分别是:差动着地模块、手动调平模块、自动调平模块、自动撤收模块。根据平台的倾斜度,整个调平过程分为粗调和精调,倾斜度大于 5° 时,系统粗调,各支腿的动作速度较快;倾斜度小于 5° 时,系统精调,各支腿的动作速度较慢。其工作过程为:

- (1) 启动电机,送启动信号给PLC;
- (2) PLC接收到启动信号,执行程序;
- (3) 差动放腿40s,保证所有调平支腿着地;
- (4) 根据操作指令,执行调平过程:
 - 按下“手动调平”键,则根据发出的各支腿升降指令进行调平;
 - 按下“自动展开”键,系统自动读入水平传感器的倾角,判断倾斜度,自动进行调平。采用升调平技术,根据读入倾角值,判断最高点,计算各支点需要升高的高度,用(4)式计算出所需脉冲数,然后把它对应加到各支腿,控制它们的高度,达到调平目的;
- (5) 调平过程结束,发射车可以发射火炮。需要撤收时,按下自动撤收键,系统自动撤收所有调平支腿。

5 技术要求与试验结果

本调平系统的技术参数要求是：

- (1) 调平精度 $\leq 2'$
- (2) 调平时间 $\leq 3\text{min}$
- (3) 保持稳定状态 24h 不变

试验证明，该系统达到了指标要求，调平时间小于 1min，调平精度在 2' 以内，稳定性满足要求。本调平系统已调试完成，经过多次打靶实验，命中率比较高，取得了令人满意的效果。

参考文献

[1] 姚舜才, 张艳兵. 基于 PLC 的自动调平系统[J].

华北工学院学报 2003, 24(1):14-17.