

doi: 10.7690/bgzd.2013.09.023

# 某型伺服系统校零研究

陈娇<sup>1</sup>, 高新东<sup>1</sup>, 郭光荣<sup>2</sup>, 雷丽<sup>3</sup>

(1. 总装重庆军代局驻绵阳地区军代室, 四川 绵阳 621000; 2. 四川九洲电器集团第二研究所, 四川 绵阳 621000; 3. 西安军代局驻黄河厂军代室, 西安 710043)

**摘要:** 针对某型伺服系统在装配使用过程中出现零位漂移的问题, 对其系统校零进行研究。通过对某型伺服系统与光电转塔校零方式进行原理性分析, 找出导致该车伺服系统零位漂移的原因; 分析伺服系统与光电转塔关联校零时存在的弊端, 从系统角度进行伺服系统校零误差理论计算, 并提出改进措施。研究表明: 该方法具有一定的实用价值, 可解决该型伺服系统零位漂移值在允许范围内的正确校零问题。

**关键词:** 漂移; 伺服系统; 校零

**中图分类号:** TJ03 **文献标志码:** A

## Study of Correcting Null of Certain Type Servo System

Chen Jiao<sup>1</sup>, Gao Xindong<sup>1</sup>, Guo Guangrong<sup>2</sup>, Lei Li<sup>3</sup>

(1. PLA Presentation Office in Mianyang District, PLA Military Representation Bureau of General Equipment Headquarters in Chongqing, Mianyang 621000, China; 2. No. 2 Research Institute, Sichuan Jiuzhou Electric Group, Mianyang 621000, China; 3. PLA Representative Office in Yellow River Factory, PLA Military Representation Bureau in Xi'an, Xi'an 710043, China)

**Abstract:** Aiming at the zero calibration of certain type servo system in installation, research on its system zero calibration. Analyze theory of certain type servo system and photoelectric turret zero calibration, find out the reason of zero drift. Analyze defects of relation zero drift of servo system and photoelectric turret, calculate servo system zero calibration error theory based on system and put forward improvement measurement. The research results show that the method can be used in real operation and realize correct zero calibration of zero drift in allowed range.

**Key words:** drift; servo system ; zero calibration

### 0 引言

某型伺服系统在地面校零后, 已确认能正常通讯。但某车在执行任务过程中, 伺服系统只是在开始一段时间内能保持正常通讯, 之后, 就无法实现通讯功能, 地面再次测试伺服系统零位, 发现零位有不同程度漂移。针对伺服系统在装配使用过程中发现的零位漂移现象, 笔者对其系统校零进行研究。

### 1 伺服系统校零原理分析

某型伺服系统校零以光电转塔作为参考标准, 通过伺服系统校零确认波束中心线与光电转塔光速中心线的夹角, 即所谓的伺服系统零位漂移值<sup>[1]</sup>。笔者分别对光电转塔和伺服系统校零方式进行原理性分析。

#### 1.1 光电转塔校零分析

光电转塔在出厂之前就已经进行了初步零位校正, 首先通过结构设计找到光电转塔的机械零位位置, 通过机械手段确保光电转塔光束中心与自身机械零位基本重合。光电转塔装上车时, 初步确保其

机械零位与车辆中轴线重合或平行, 并在车辆固定位置设置几个光电转塔校零参考点<sup>[2]</sup>。光电转塔校零前需准备校零用的靶板, 靶板上的靶点须保证在空间位置上与车辆固定参考点一一对应, 光电转塔校零如图 1 所示。

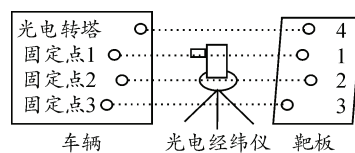


图 1 光电转塔校零示意图

1) 首先将车子与光电经纬仪调整在同一水平面, 确保在整个校零过程中车子和光电经纬仪不能有相对移动, 将靶板摆放在车子正前方。

2) 旋转光电经纬仪, 确保其十字中心线压住车子固定点 1 十字中心, 再次旋转光电经纬仪使其十字中心与靶板 1 点十字中心重合。若不能在光电经纬仪观察窗口中看到靶板的 1 点, 则调整靶板, 确保光电经纬仪十字中心对准靶板 1 十字中心, 如图 2 所示。

收稿日期: 2013-04-03; 修回日期: 2013-05-23

作者简介: 陈娇(1983—), 女, 湖北人, 本科, 助理工程师, 从事装备监造与质量管理研究。



图2 光电经纬仪十字中心对准位置

3) 按照第2步的方法先观察车子固定点2、3, 再观察靶板2、3点, 在这个过程中可能需要微调靶板位置, 才能确保光电经纬仪十字中心线能够同时对准车上固定点2、3与靶板的2、3点。

4) 完成上述3个步骤后, 旋转光电经纬仪再次确保车子固定点1、2、3点与靶板1、2、3点分别都能与光电经纬仪十字中心线, 其间可能还需要微调靶板位置。

5) 靶板位置调整后, 光电转塔上电归零位, 电视摄像机记录此时光电转塔位置值 $\theta_1$ 。通过监视器观察光电转塔图像信息, 若光电转塔零位没有漂移<sup>[3]</sup>, 则监视器上的瞄准十字线将直接压在靶板第4点的十字线上。否则用操纵杆控制光电转塔缓慢转动, 确保电视十字线对准靶板第4点, 同时记录此时光电转塔位置值 $\theta_2$ 。计算前后两次光电转塔位置差值, 并将此值写入光电转塔控制程序中, 作为系统误差进行校正, 完成光电塔零位校正。前后两次光电转塔位置角度差, 即为光电转塔零位漂移值。

## 1.2 伺服系统校零分析

伺服系统开始校零时, 如图3所示, 首先将光电转塔电视十字中心线对准配试设备得到角度位置值 $L_4$ 。操作车内操纵杆控制光电转塔移动, 伺服系统随动光电转塔找到波束的左边通讯概率最大位置 $L_1$ 和右边通讯概率最大值位置 $L_2$ , 波束中心线位置理论值 $L_3=(L_1+L_2)/2$ 。 $L_3$ 和 $L_4$ 2个位置的夹角 $\theta$ 就是通讯波束中心线与光电转塔中心线的夹角, 即所谓的伺服系统零位漂移值。将此值写入伺服系统控制程序作为系统误差进行校正, 再次上电, 伺服系统将达到新零位。

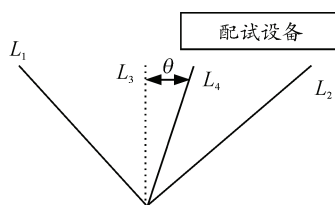


图3 某型伺服系统校零示意图

## 2 伺服系统校零方式弊端分析及解决措施

现有校零措施从原理上和操作上存在诸多弊端: 一是伺服系统校零与光电转塔配合上存在弊端; 二是伺服系统校零方式自身存在弊端。

### 2.1 伺服系统与光电转塔配合校零的弊端及措施

目前, 伺服系统校零是以光电转塔作为参考标准, 从根本上就存在产生误差的源头<sup>[4]</sup>。任何需要校零位的机械设备, 车子中轴线才是真正的校零参考标准。如果伺服系统必须以光电转塔作为校零的参考标准, 则必须保证光电转塔零位正确。

假设伺服系统不存在导致自身零位漂移的因素, 分析因光电转塔而造成伺服系统零位看似漂移的原因:

#### 1) 光电转塔自身造成其零位漂移的因素分析。

光电转塔也属于伺服控制系统, 且包括两层伺服控制系统, 即外层的粗控制系统和内层的精控制系统。光电转塔中包含4个轴向的活动机构, 因此随着时间的推移, 机械结构安装就存在漂移, 从而导致光束中心线的漂移。从光学的角度分析, 光电转塔内部光学镜片由于在使用过程中存在细微畸变以及受环境影响, 导致光路经过光学镜片之后有所漂移, 从而使光束中心线漂移; 因此, 光电设备在使用一段时间之后都需要进行光轴校正, 以弥补由于光学和机械原因造成的光束中心线的漂移。由于伺服系统是以光电转塔作为校零参考标准, 伺服系统将把错误的光电转塔零位当作真正的零位进行跟随, 因此从表面上观察是伺服系统的零位漂移, 而实质上是光电转塔零位漂移, 只是在伺服系统设备上表现出来而已。

针对这种现象, 笔者提出的解决措施是: 在对光电转塔进行光轴校准的同时, 伺服系统应该进行零位校正。

#### 2) 外部因素造成光电转塔零位漂移因素分析。

光电转塔在车子上的安装位置, 距离炮口只有0.5 m, 而光电转塔作为一个伺服系统, 属于活动装备。每当火炮工作时, 无论从冲击、振动方面, 对光电转塔都将是一个极大影响, 对每个轴的影响也非常大。根据使用单位规定, 光电转塔在每次打靶之前必须进行零位校正, 以此弥补由于火炮工作时对光电转塔光束中心线位置的影响。

针对此种现象, 笔者提出的解决措施是: 在每次对光电转塔进行校零位的同时, 伺服系统也应该进行零位校正。

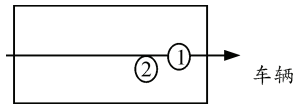
综上所述, 纠正目前伺服系统校零与光电转塔配合方面存在的上述弊端, 笔者提出的解决措施是: 无论光电转塔进行校光轴还是进行零位校正, 只要是光电转塔进行对其光束中心线位置有所改变的工

作，伺服系统也应该随之进行零位校正。否则，由于参考标准变了，但伺服系统没有跟着零位校正，就会出现伺服系统零位漂移的表面现象。

### 2.2 伺服系统校零方式存在的弊端及解决措施

在外场进行测试的过程中，笔者发现配试设备摆放在距离车辆车头同一水平位置上的不同偏移角度时，对伺服系统零位有较大影响。配试设备距离车前 500 m，分别将配试设备放在偏离车头-17°和-4.9°时，伺服系统零位的漂移值分别为 0.5°和 0.15°。从这组数据可以初步判断：不是由于设备原因造成了零位漂移的现象，而是伺服系统校零方式自身就存在弊端。

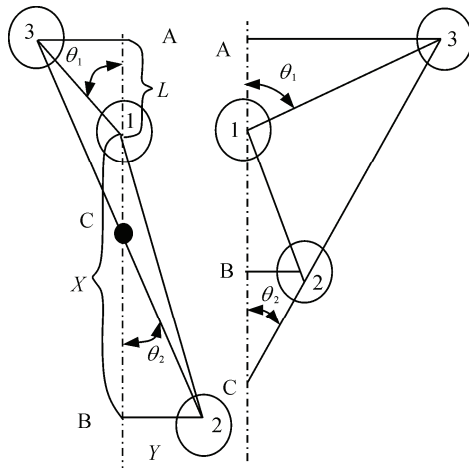
伺服系统在车辆上的安装位置与光电转塔的安装位置有一定距离，安装示意图如图 4 所示。



1: 光电转塔安装位置; 2: 伺服系统安装位置, 中线示意车辆中轴线。

图 4 光电转塔与伺服系统在车上的安装示意图

假设光电转塔零位不存在漂移，分析由于伺服系统校零方式带来的零位漂移。根据光电转塔与伺服系统在车辆上的安装位置进行伺服系统校零理论误差计算<sup>[5]</sup>。



1: 光电转塔位置; 2: 伺服系统安装位置; 3: 配试设备位置, 中线为车辆的中轴线。

图 5 光电转塔、伺服系统、配试设备摆放位置示意图

假设：1A=L 为配试设备到车头距离，1B=X 为光电转塔与伺服系统在车辆轴向上的距离，2B=Y 为伺服系统距车辆中轴线的水平距离，∠31A=θ<sub>1</sub> 为光电转塔、配试设备中心边线与车辆轴线的夹角，∠2CB=θ<sub>2</sub> 为伺服系统、配试设备中心边线与车辆轴线的夹角，如图 5 所示。伺服系统进行校零时，X、

Y 为定值，L、θ<sub>1</sub> 根据配试设备摆放位置不同而改变，但只要配试设备摆放位置确定之后，这些值均为已知值。以下根据配试设备摆放在车辆中轴线左、右 2 种情况进行理论误差计算。

配试设备摆放在车辆左边：

$$3A = L \times \tan \theta_1, BC = \frac{Y}{\tan \theta_2}$$

△A3C 与 △B2C 为相似三角形，根据相似三角形原理有：

$$\frac{3A}{AC} = \frac{2B}{BC}$$

$$\frac{L \times \tan \theta_1}{L + X - \frac{Y}{\tan \theta_2}} = \frac{Y}{\frac{Y}{\tan \theta_2}}$$

$$\text{根据上式可以计算出 } \theta_2 = \arctan \left( \frac{Y + L \times \tan \theta_1}{L + X} \right),$$

由于伺服系统校零时 L、X、Y、θ<sub>1</sub> 均为已知值，因此可求出光电转塔、伺服系统与配试设备中心线的角度差值<sup>[6]</sup>，即所谓伺服系统零位漂移值。

$$\Delta \theta = \theta_1 - \theta_2 = \theta_1 - \arctan \left( \frac{Y + L \times \tan \theta_1}{L + X} \right)$$

配试设备摆放在车辆右边：

$$3A = L \times \tan \theta_1, BC = \frac{Y}{\tan \theta_2}$$

△A3C 与 △B2C 为相似三角形，根据相似三角形原理有：

$$\frac{3A}{AC} = \frac{2B}{BC}$$

$$\frac{L \times \tan \theta_1}{L + X + \frac{Y}{\tan \theta_2}} = \frac{Y}{\frac{Y}{\tan \theta_2}}$$

$$\text{根据上式可以计算出 } \theta_2 = \arctan \left( \frac{L \times \tan \theta_1 - Y}{L + X} \right),$$

由于伺服系统校零时 L、X、Y、θ<sub>1</sub> 均为已知值，因此可求出光电转塔、伺服系统与配试设备中心线的角度差值，即所谓伺服系统零位漂移值。

$$\Delta \theta = \theta_1 - \theta_2 = \theta_1 - \arctan \left( \frac{L \times \tan \theta_1 - Y}{L + X} \right)$$

由于 X、Y 为定值，因此伺服系统零位漂移值只与 L、θ<sub>1</sub> 直接相关。

伺服系统零位漂移值为：

$$\Delta \theta = \theta_1 - \arctan \left( \frac{Y + L \times \tan \theta_1}{L + X} \right) \text{ (配试设备在左侧)}$$

$$\Delta \theta = \theta_1 - \arctan \left( \frac{L \times \tan \theta_1 - Y}{L + X} \right) \text{ (配试设备在右侧)}$$