

文章编号: 1672-8785(2021)03-0036-07

光电经纬仪不落地测量方法研究

张保锋

(95861 部队, 甘肃酒泉 735018)

摘 要: 随着靶场观测目标各项性能的快速的发展, 靶场观测设备的性能需求也呈现出多样化、智能化、高机动性、高精度、自动化的发展趋势。为了实现无固定试验场坪条件下的光电经纬仪的不落地测量方案, 设计了一种快速机动的不落地测量平台, 并对其振动参数进行了测量。实验结果表明, 在不落地测量模式下, 设备在低于 $20\%/s^2$ 角加速度的激励下, 从伺服系统传递到基座的能量极小, 电机激励载荷对平台的影响基本可以忽略, 共振响应发生。

关键词: 光电经纬仪; 不落地测量; 结构力学; 振动参数

中图分类号: TJ760.6; TJ06 **文献标志码:** A

DOI: 10.3969/j.issn.1672-8785.2021.03.007

Research of Photoelectric Theodolite Measurement Method Without Landing

ZHANG Bao-feng

(95861 Unit of PLA, Jiuquan 735018, China)

Abstract: With the rapid development of the performance of the range observation targets, the performance requirements of the range observation equipment also show a trend of diversification, intelligence, high mobility, high precision and automation. In order to realize the photoelectric theodolite measurement scheme without landing on the unfixed test ground, a fast mobile measurement platform without landing is designed, and its vibration parameters are measured in this paper. The experimental results show that the energy transferred from the servo system to the base is very small under the excitation of angular acceleration below $20\%/s^2$ in the measurement mode without landing. The influence of motor excitation load on the platform can be ignored, and the resonance response occurs.

Key words: photoelectric theodolite; measurement without landing; structural mechanics; vibration parameters

0 引言

作为靶场主测设备之一, 光电经纬仪被广泛用于测量飞行目标的外弹道参数。近年来,

为了提高光电经纬仪遂行多样化测量任务的能力, 迫切需要不落地测量方案来提高光电测量设备的应用范围。随着靶场观测目标各项性能

收稿日期: 2020-09-28

作者简介: 张保锋(1971-), 男, 陕西西安人, 高级工程师, 主要研究方向为靶场测控技术。

E-mail: 929782595@qq.com

的快速发展, 靶场观测设备的性能需求也呈现出多样化、智能化、高机动性、高精度、自动化的发展趋势。经纬仪的核心功能是测得高精度的方位角和俯仰角, 并获得观测对象的图像信息等。光机结构是实现经纬仪功能的执行单元, 其精度直接影响经纬仪的性能^[1-3]。在理解高机动性、高精度靶场观测设备建设和分析本项目任务需求及总体性能指标的基础上, 根据经纬仪总体方案对光机系统的要求制定经纬仪光机系统方案^[4-5]。

为了提高设备布站的环境适应能力, 并能在没有固定地基环、大地精确测量站址信息以及固定方位标的硬质戈壁场地完成测量任务, 通过采用快速高精度不落地测量技术来实现光测设备的不落地测量方案。

1 方案设计

不落地测量平台又称经纬仪调平平台(简称经纬仪平台), 主要由平台台面、调平支腿和转接件等三部分组成(见图 1)。其中, 平台台面采用桁架蒙皮形式。通过拓扑优化设计, 实现了内部桁架结构的轻量化, 同时保证其承载刚度和共振频率满足使用要求。

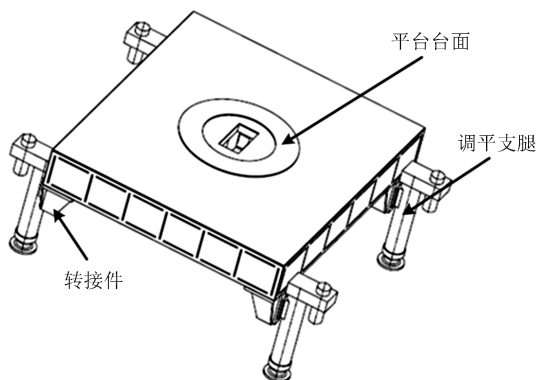


图 1 经纬仪平台系统

在经纬仪平台四角的下部安装调平支腿。上部四周与带底围框通过角件及旋锁连接(见图 2)。其中, 旋锁装在经纬仪平台上, 角件装在带底围框上。

为了满足工作时经纬仪及其平台与载车大梁快速脱开的战术要求, 在经纬仪平台与底盘的连接中采用车架上设置牛腿、牛腿上安装旋

锁的方式(见图 3), 从而实现经纬仪平台与车架的快速分离及连接。

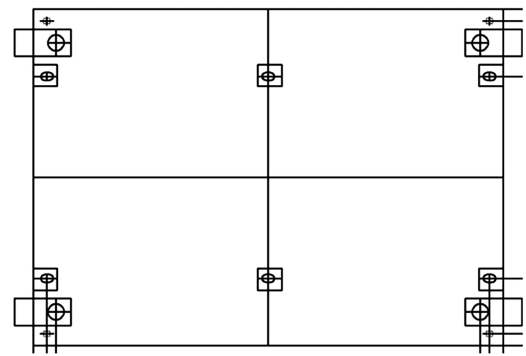


图 2 经纬仪运输平台各连接点的示意图

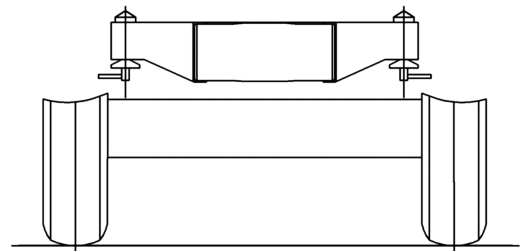


图 3 在车架上安装牛腿的示意图

2 不落地测量平台动态测量精度试验

在不落地测量模式下, 由于调平支腿的侧向刚度相对较弱, 由其引入的测量误差是影响车载设备测量精度和跟踪稳定性的一个重要指标。其中, 由方位和俯仰轴系在快速跟踪状态下引入的动载荷对平台偏角的影响是精度指标的主要影响因素。为了分析和对比设备在落地和不落地模式下的测角误差, 本试验利用现有的基于一体化设计的不落地载车平台, 测试了由高精度调平平台引入的晃动量。

2.1 测试平台和测试条件

在试验中, 高刚度承载平台的设计考虑了设备对平台中心的静负载、设备在最大伺服跟踪角加速度激励下的动态负载等因素。平台谐振频率远高于伺服跟踪带宽的上限。平台和高精度调平支腿通过多个螺栓连接, 连接刚度足够。在设备不落地工作模式下, 平台对测量精度的影响主要来源于调平支腿以及平台的整体刚度。

在车载不落地工作模式下, 设备在支腿和

平台的支撑下工作。与地基环工作模式不同,高精度支腿+平台的工作模式下整体系统的基频偏低,而且增加的共振模式有可能会影响设备的跟踪稳定性。尤其当光测设备在极限工况下跟踪目标时,伺服电机的高激励对跟踪精度及可控性的影响就不能忽略。

在精密反馈控制模式下,伺服反馈控制系统需要设备的转动惯量、结构共振频率等参数。结构的动力学实际响应测试数据不但可以提供给伺服系统进行参数的修改和控制,而且在一定程度上还可以为了解结构的刚度和动力学响应状态提供实际数据。检验高精度调平支腿、高刚度平台和设备系统的响应状态,并分析光电设备在各种伺服激励条件下对车载系统关键节点的加速度响应。加装在平台和设备上的传感器还可以测试设备在不同工作模式下的加速度响应并提供设备的动力学传递路径分析数据。将其与伺服系统的实际输出力矩电流信息相结合,可为设备的工作鲁棒性提供详实数据。

2.2 结构动力学测试硬件和测试方法

表 1 列出了动力学测试设备的结构动力学硬件性能和参数。其中的传感器可以给出各种高低加速度响应量级下的精确测量结果。

表 1 结构动力学硬件性能和参数

设备	型号、性能和参数
	通道数: 32
扬州英迈克 YMC9232	信噪比: 大于 108 dB
测试信号采集箱	采样频率: 远大于 50000 Hz
	A/D 位数: 24
PCBLW251249	灵敏度: $200 \text{ mV/m}\cdot\text{s}^{-2}$
YMC146A01	灵敏度: $100 \text{ mV/m}\cdot\text{s}^{-2}$
YMC132A10	灵敏度: $1000 \text{ mV/m}\cdot\text{s}^{-2}$
YMC132A02	灵敏度: $200 \text{ mV/m}\cdot\text{s}^{-2}$
测试主机	ThinkPad T470
辅助	UPS 等

表 2 设备跟踪工况

工况序号	对应参数
1	正弦扰动下, 方位、俯仰摆幅: 1° ; 方位、俯仰加速度: $1\%/s^2$
2	正弦扰动下, 方位、俯仰摆幅: 4° ; 方位、俯仰加速度: $20\%/s^2$

2.3 不落地跟踪模式下某型号一体化车载光测设备的主机和平台响应测试

表 2 列出了不落地工作模式下, 某一体化车载光测设备处于模拟跟踪状态时, 不同工况下的实际加速度响应数据及波形。

定义 X 方向为载车行进方向, Y 方向为载车横摇方向, Z 方向为垂直向上。各点的对应通道和测试位置如下:

点 1 位于四通上, 为三轴加速度传感器, 对应数据通道 Channel-1、Channel-2 和 Channel-3;

点 2 位于立柱上, 用于测试转台扭转方向, 对应数据通道 Channel-4;

点 3 位于立柱上, 用于测试转台张合方向, 对应数据通道 Channel-5;

点 4 接近转台中心, 为三轴向加速度传感器, 对应数据通道 Channel-6、Channel-7 和 Channel-8;

点 5 位于设备基座底板位置, 为三轴向加速度传感器, 对应数据通道 Channel-9、Channel-10 和 Channel-11;

点 6 位于平台右前侧, 用于测试平台横摇方向的加速度值, 对应数据通道 Channel-12;

点 7 位于平台尾部, 用于测试平台另外一个方向的加速度响应值, 对应数据通道 Channel-13。

图 4 为传感器的布置和现场试验图。光电设备对高角平行光管作正弦扰动。通过控制扰动的加速度和摆幅宽度来控制伺服系统的输入激励量级, 从而校正不同工况下平台的动态稳定性。

图 5 所示为工况 1 条件下点 1 的 Channel-1 振动响应曲线。其余通道的响应波形类似。表 3 列出了工况 1 条件下全部 13 个通道的响应数据。

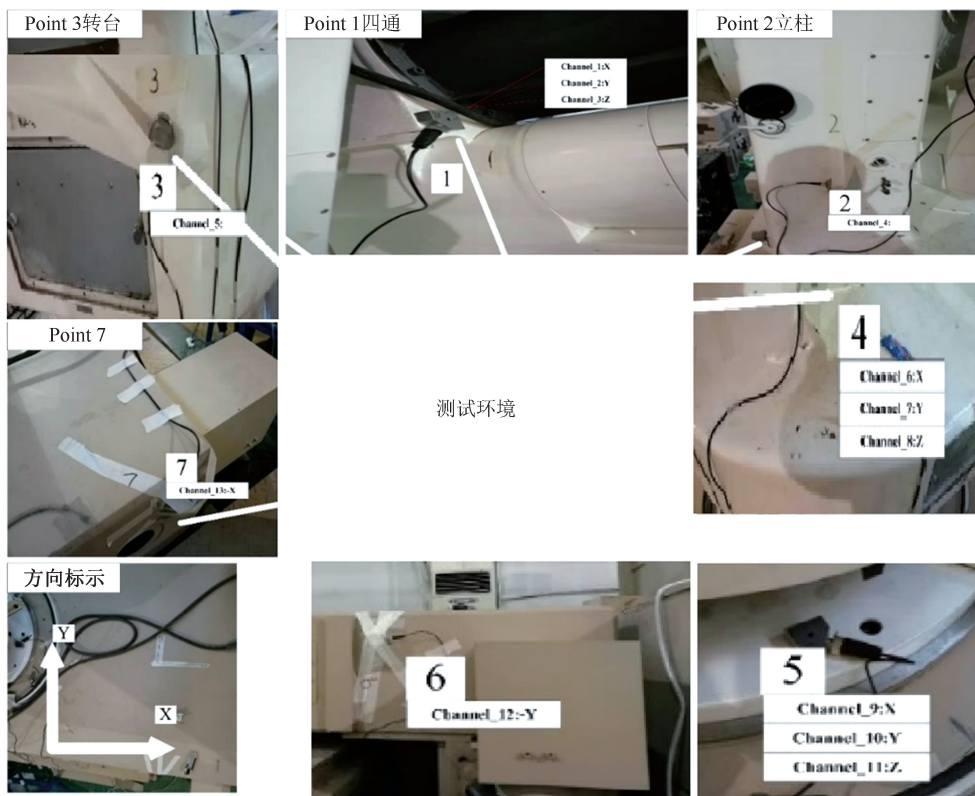


图 4 传感器布置与现场试验图

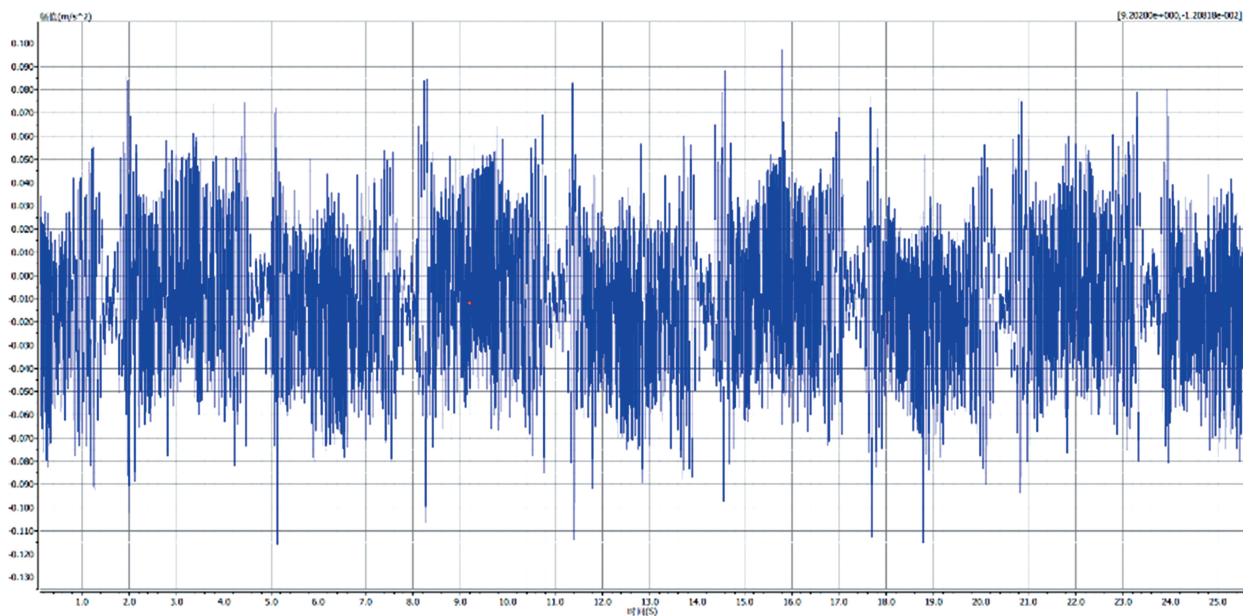


图 5 工况 1 条件下点 1 的 Channel-1 实测响应数据

图 6 所示为工况 2 条件下点 1 的 Channel-3 振动响应曲线。其余通道的响应波形类似。表 4 列出了工况 2 条件下全部 13 个通道的响应数据。

2.4 结构响应和伺服控制输入力矩的关联性分析与功率级控制调整

利用加速度和伺服控制力矩信息进行了电机反馈控制传递路径的相关性分析, 并提供了

表 3 工况 1 条件下的实测统计值(单位: m/s^2)

位置	数据源	最大值	最小值	峰峰值	平均值	有效值
四通	Input 0-1A	0.0972	-0.1232	0.2204	-0.0098	0.0298
	Input 0-2A	0.137	-0.122	0.259	-0.0107	0.0278
	Input 0-3A	0.2128	-0.2032	0.416	-0.0077	0.0937
转台扭转	Input 0-4A	0.1681	-0.1512	0.3193	-0.0047	0.0428
转台张合	Input 0-5A	0.0853	-0.0931	0.1784	-0.0011	0.0241
转台	Input 0-6A	0.098	-0.103	0.201	-0.0104	0.0274
	Input 0-7A	0.0395	-0.3934	0.4329	-0.19	0.0596
	Input 0-8A	-0.0848	-0.2196	0.1347	-0.1501	0.0157
基座底板	Input 0-9A	0.0235	-0.0335	0.057	-0.005	0.0078
	Input 0-10A	0.0357	-0.0431	0.0787	-0.001	0.0086
	Input 0-11A	0.0299	-0.0499	0.0798	-0.0086	0.0087
平台 Y 方向	Input 0-12A	0.0842	-0.0718	0.156	0.0005	0.0182
平台 X 方向	Input 0-13A	0.0662	-0.0583	0.1245	-0.0014	0.0146

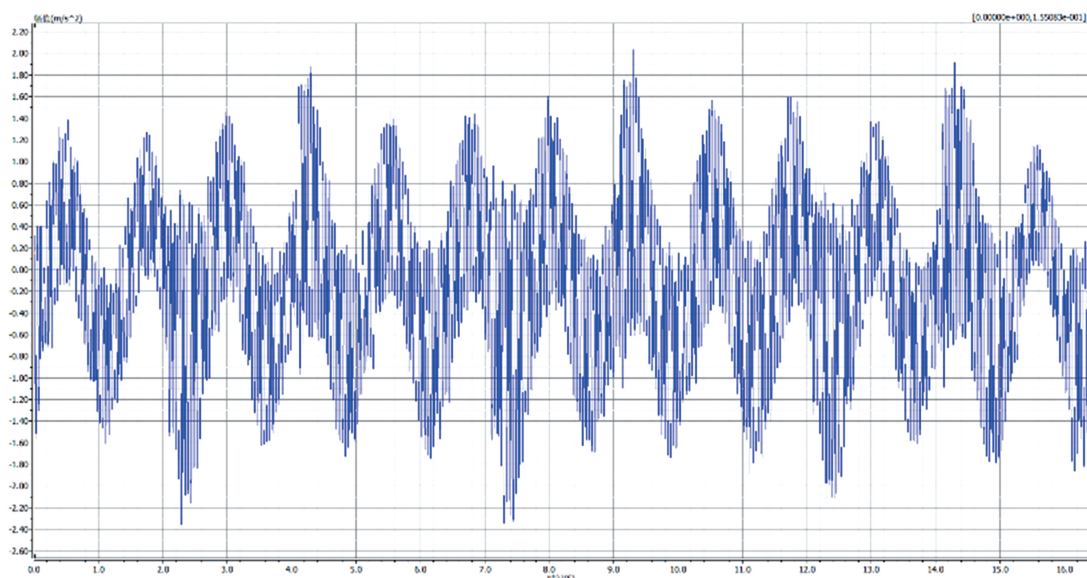


图 6 工况 2 条件下点 1 的 Channel-3 实测响应数据

功率级的实际响应状态。图 7 所示为某型号设备在正弦引导模式下的伺服引导控制电流及其相应的傅里叶分析谱。图 8 所示为该设备在正弦引导模式下对应的加速度响应和谱信息。图 9 所示为该设备调整功率级后的正弦引导控制力矩电流和谱信息。

3 结论

为了提高光电测量设备的不落地测量水平, 本文为其设计了不落地测量模式, 并测量

了振动传递数据。试验结果表明, 采用由平台台面、调平支腿和转接件组成的不落地测量方案, 可以满足光电测量设备的不落地测量要求。本文中的设计方案是对光测设备不落地测量的探索, 旨在提高光测设备的测量水平。本文采用振动传递数据评估方法对不落地测量方案进行了评估, 并获得了良好的测量结果。本文方案未对不落地平台的倾斜晃动进行测量, 这也将是我们下一步的研究方向。

表 4 工况 2 条件下的实测统计值(单位: m/s^2)

位置	数据源	最大值	最小值	峰峰值	平均值	有效值
四通	Input 0-1A	1.0201	-1.1818	2.2019	-0.1465	0.4371
	Input 0-2A	1.3858	-1.7866	3.1724	-0.1604	0.5087
	Input 0-3A	2.1581	-2.4661	4.6242	-0.1242	0.7784
转台扭转	Input 0-4A	1.7053	-1.935	3.6403	-0.0006	0.6626
转台张合	Input 0-5A	0.8903	-0.8812	1.7715	-0.0033	0.3395
转台	Input 0-6A	1.0004	-1.142	2.1424	-0.0074	0.3631
	Input 0-7A	2.0654	-2.327	4.3924	-0.157	0.7687
	Input 0-8A	0.4346	-0.7853	1.22	-0.1508	0.1979
基座底板	Input 0-9A	0.4969	-0.5476	1.0445	-0.0075	0.1934
	Input 0-10A	0.3521	-0.3472	0.6992	-0.0014	0.0762
平台 Y 方向	Input 0-11A	0.5308	-0.3959	0.9267	-0.0104	0.0364
平台 X 方向	Input 0-12A	0.7206	-0.7111	1.4317	0.0007	0.1702
	Input 0-13A	0.8424	-0.9172	1.7596	-0.0014	0.2326

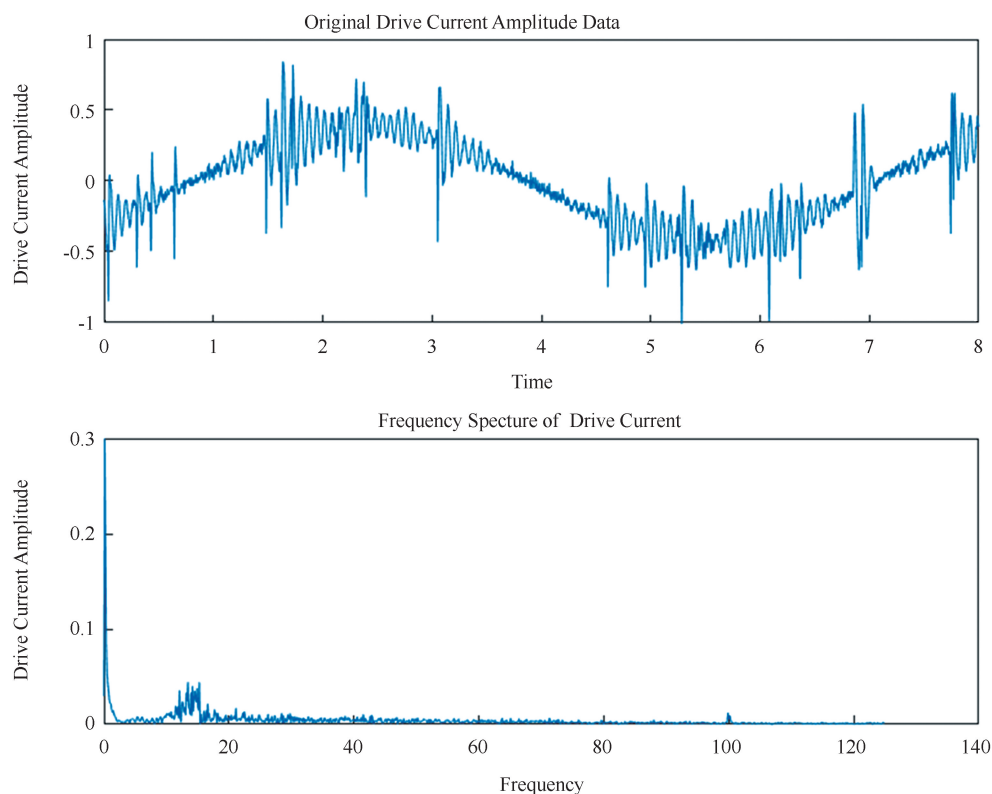


图 7 正弦引导模式下的伺服控制电流和谱信息

参考文献

- [1] 贾文武, 刘培正, 唐自力, 等. 靶场适用的光电经纬仪光轴平行性检测 [J]. 光学精密工程, 2020, 28(8): 1670-1677.
- [2] 高策, 乔彦峰. 光电经纬仪动态误差修正方法 [J]. 计算机测量与控制, 2010, 18(12): 2738-2740.
- [3] 刘岩俊, 闫海霞, 王东鹤. 大视场红外光电经纬仪精度标定 [J]. 红外与激光工程, 2015, 44(3): 832-836.

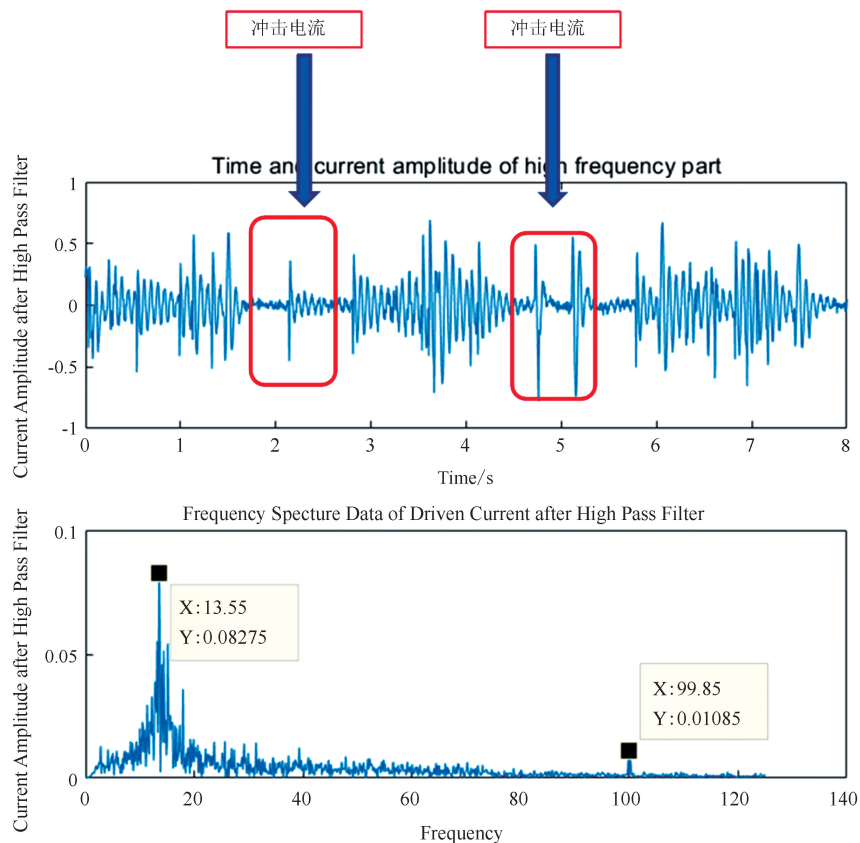


图8 正弦引导模式下对应的加速度响应和谱信息

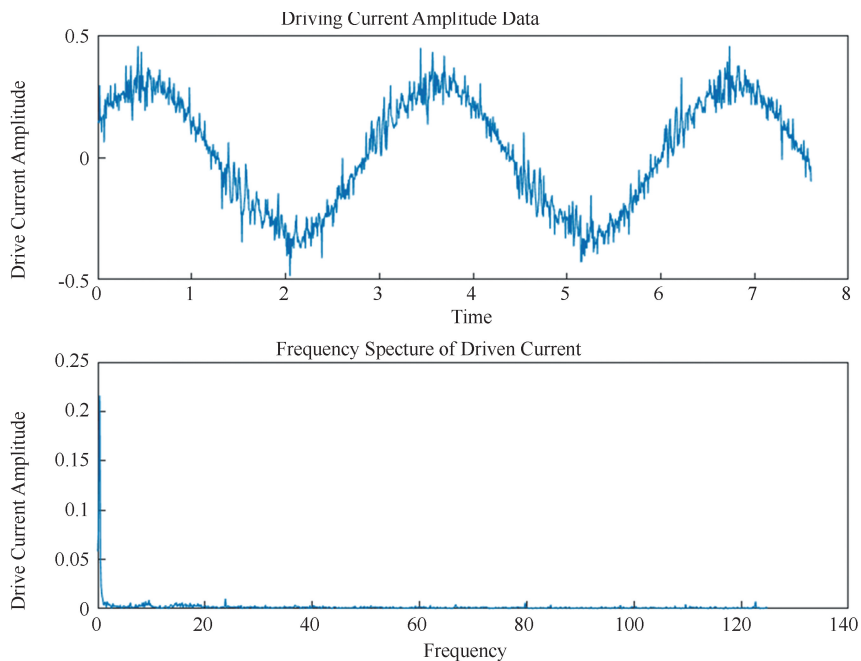


图9 调整功率级后的正弦引导控制力矩电流和谱信息

[4] 邹冀, 伞晓刚, 李耀彬, 等. 光电经纬仪转台动态特性研究 [J]. 激光与红外, 2019, 49(1): 93-98.

[5] 谢泽峰. 多传感器光电经纬仪图像增强系统研究 [J]. 激光与红外, 2018, 48(11): 1439-1403.