

大型光电设备载车三点液压调平支承的研究

高云国

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

摘要 阐述了大型光电仪器载车液压支承的研制方法, 给出了结构示意图和各种试验数据, 并从理论上进行了分析说明。

关键词: 液压调平支承; 结构

1 引言

以往的大型光电设备多采用固定的水泥基础, 经过安装修磨调平后工作, 这虽能保证设备的工作精度和稳定性, 但完全没有机动性能。随着野外作业和军事上对大型光电设备的不断需要, 越来越迫切的希望它能有良好的机动性, 较短的展开工作时间。

基于这种需求, 我们研制了大型光电设备载车。为了实现运输状态和工作状态的快速切换, 研制了液压调平支承和机械锁紧机构。本文着重对液压调平支承的理论设计及调平精度进行了阐述, 并对调平支承的多次调平车上仪器相互间的对准精度变化量及调平精度进行了测量, 给出了试验结果。

2 理论分析与设计

2.1 设计指标

整车总重: 30 t

前左支腿顶升力: 10 t

前右支腿顶升力: 10 t

后支腿顶升力: 20 t

调平精度: $< 30''$

稳定度: 8小时连续支承, 由车辆引起的水平精度变化在 $\pm 2''$ 以内。

2.2 承力支腿数量的选定

传统的工程车辆的支承为了增加稳定度多选用四条或多于四条支腿, 这对于一般无精密对准要求的工程车辆是完全可行的。但从力学角度分析, 3点确定一个平面, 足以使一物体稳定定位。用四条以上支腿, 对物体已产生了超定位。这时我们对光电设备进行从运输状态到工

作状态的切换,不可能保证每条支腿受力状态有很好的重复性,必然使车辆承重架的内应力发生变化,导致车上光电设备的对准方向变化。这样,如果车辆切换到工作状态不再进行光学调整,对于要求精度较高的设备就无法工作。

基于以上分析,我们确定用三条承力液压支腿来实现运输状态和工作状态互相切换,布局如图 1,为前二后一。为了保证设备工作安全稳定,我们在车辆后部又增加了两条可收式机械防翻支腿,设备工作时防翻支腿不受力,支腿接地面距地面 5~10 mm,这样,一旦车辆意外出现翻倒趋势,防翻支腿马上受力,防止车辆翻倒。选用三条受力支腿,支起后只要达到一定的调平精度,理论上讲可以保证每条支腿的受力状态有较好的重复性,可以保证仪器的对准方向有较好的一致性。

2.3 液压支腿的设计

选用柱塞泵为压力源,通过万向联轴节将柱塞泵联接到载车的变速箱取力输出轴上,由载车提供源动力,选定工作压力为 8 MPa。另外,增加了一套手动精调柱塞泵,以提高调平精度。

液压缸活塞直径的计算

液压缸顶升力的计算公式为:

$$F = P_1 \times \frac{\pi}{4} D^2 - P_2 \times \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$

式中

F : 顶升力

P_1 : 液压缸工作腔压力

P_2 : 液压缸回油腔压力

D : 活塞直径

d : 活塞杆直径

选取: $P_1 = 8 \text{ MPa}$, $P_2 = 0$, F 为各支腿顶升力,则可求出各支腿最小活塞直径。

前支腿: $D \geq 125 \text{ mm}$

后支腿: $D \geq 177 \text{ mm}$

选用前支腿油缸活塞直径 $D = 125 \text{ mm}$,后支腿油缸活塞直径 $D = 180 \text{ mm}$,液压系统工作原理如图 2 所示。

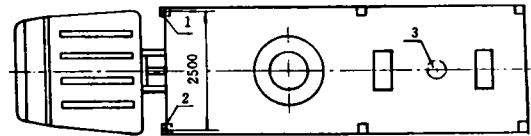
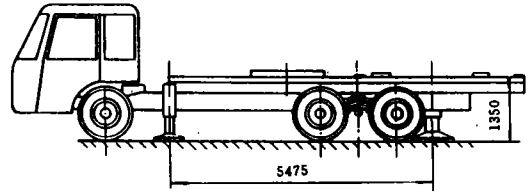
2.4 机械锁紧装置的设计

由于各油缸和控制阀都可能产生缓慢泄漏现象,要保证仪器长期工作有较高的稳定的水平精度,就必须加锁紧装置。

从简单、可靠、方便的角度,我们研制了螺母丝杠式机械锁紧装置。并将螺母、丝杠装入液压缸活塞杆内,加装一对伞齿轮,由人工摇动,实现锁紧和松开的动作要求。

锁紧丝杠强度核算:

$$\text{强度核算公式为 } \sigma = \frac{P}{A} \sqrt{1 + 1.6 \left(\frac{t}{\eta \cdot d_1} \right)^2} \leq [\sigma]$$



1. is the right front stay bearing; 2. is the left front stay bearing; 3. is the back stay bearing

图 1 载车结构示意图

Fig. 1 The abridged general view of load vehicle structure

其中 σ :丝杠拉压应力

P :丝杠承受的最大轴向力

A :丝杠内径断面积

d :丝杠内径

η :丝杠传动效率

$[\sigma]$ =许用应力=61.5/3.5
=17.57 (kg/mm²)

t :螺距

前支腿丝杠取:外径 $D=44$ mm

内径 $d=35$ mm

螺距 $t=8$ mm

升角 $\lambda=3^{\circ}38'33''$

计算和查取各值代入上式有

$$\sigma = \frac{10 \times 1000}{962} \times \sqrt{1 + 1.6 \left(\frac{8}{0.5 \times 35} \right)^2}$$

$$= 12 (\text{kg/mm}^2)$$

前支腿丝杠强度够。

后支腿丝杠取:外径 $D=55$ mm

内径 $d=46$ mm

螺距 $t=8$ mm

升角 $\lambda=2^{\circ}51'30''$

$$\text{有 } \sigma = \frac{20 \times 1000}{1662} \times \sqrt{1 + 1.6 \left(\frac{8}{0.32 \times 46} \right)^2} = 14.5 (\text{kg/mm}^2)$$

后支腿锁紧丝杠强度够。

机械锁紧装置工作原理如图 3 所示。

3 试验和分析

3.1 液压支腿顶升后车体变形重复性及支腿稳定性试验

如图 4 所示,将 14 吨模拟载荷全部加在主车承载位置,通过液压支腿的多次顶升、回落,检验各支腿的顶升力。将平行光管安放在车尾部,反射镜安放在主要仪器基座上,液压支腿多次顶升后测量平行光管的读值变化,以确定主车由液压支腿顶升后变形的重复性。将平行光管分别安放在主车尾部和右侧车辆以外的基座上,液压支腿支起,锁紧装置分别锁紧和不锁紧,经长时间后,观察平行光管的读值变化,以确定支腿稳定性和液压系统的泄漏量。

3.1.1 液压支腿顶升力和顶升后车体变形重复性测试

当 14t 模拟载荷加在主车上后,起动液压泵,操纵各液压阀,将主车顶起、放回,各操纵系统灵活可靠,顶升平稳,说明各液压支腿可以产生足够的顶升力。用三条液压支腿将车辆顶起(轮胎离开地面),进行粗调平,这时平行光管 I 中的分划板像在俯仰方向由 $10'12''$ 变至 $-3'0''$ 。

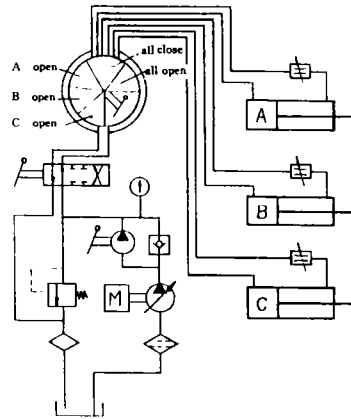


图 2 液压系统原理图

Fig. 2 Hydraulic circuit figure

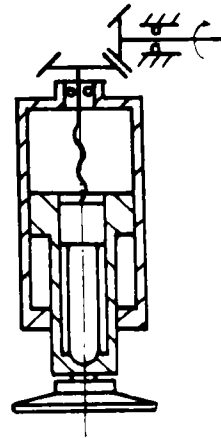


图 3 锁紧装置示意图

Fig. 3 Lock mechanism figure

变化值为 $13'12''$, 方位方向由 $3'7''$ 变为 $2'27''$, 变化值为 $40''$ 。这是由于车辆支点改变引起的变形量的变化。

将液压支腿收回, 再支起, 进行粗调平后测量平行光管 I 的俯仰方向和方位方向的读数, 经多次重复测量, 俯仰方向保持在 $-3'0''$, 方位方向保持在 $2'27''$ 。此试验表明, 三点支承可以使车辆有较高的内部应力状态的重复性, 从而使车上仪器有较高的对准重复性。说明主车结构受力后的变形为弹性变形。

3.1.2 液压支腿稳定性试验

将三条液压支腿升起后粗调平, 加机械锁紧。如图四, 用平行光管 I、III 监测, 这时平行光管的安装基座要与主车分离, 停留 14 小时。平行光管 III 在俯仰方向由 $3'5''$ 变为 $3'6''$, 在方位方向保持 $2'47''$ 没变化。平行光管 I 在俯仰方向由 $2'15''$ 变为 $2'13''$, 在方位方向保持 $3'22''$ 没变化。

由此试验可以看出, 主车支起锁紧后, 各连接部分受力塑变量很微小, 水平度变化量仅在 $2''$ 之内, 说明主车有很好的稳定性。

3.1.3 液压系统泄漏量的测试

三条液压支腿升起后粗调平, 不加机械锁紧。如图 4, 用平行光管 I、III 监测, 停留两个小时, 然后读两平行光管的数值。平行光管 III 在俯仰方向由 $4'37''$ 变为 $4'32''$, 在方位方向保持 $3'57''$ 没变化。平行光管 I 在俯仰方向由 $3'25''$ 变为 $3'18''$, 在方位方向保持 $1'22''$ 没变化。最大变化量为 $7''$, 折算到支腿沉降量约为 0.09 mm 。

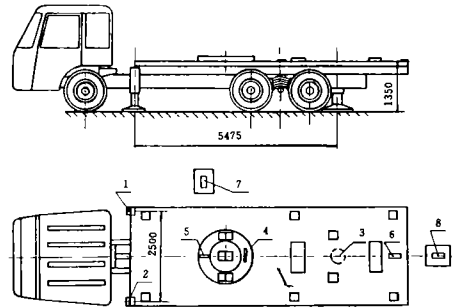
此测试说明液压系统有较好的密封性, 长时间工作, 没有发现渗漏油现象。

3.2 调平精度试验

从理论上讲, 手动泵排油量越小, 主车的调平精度就越高, 但由于各传动环节的空行程及弹性变形以及考虑到方便操作, 手动泵排油量不可能做的非常小。设计手动泵活塞直径为 12 mm , 行程为 10 mm , 排油量为 1.13 ml 。

三条支腿中两条前腿跨距最短, 而且两个前油缸活塞直径小于后油缸, 用两个前支腿调平时精度最低, 试验时选择右前支腿为试验支腿。

测试时先用汽车发动机带动液压系统, 将三条液压支腿升起并粗略调平, 然后关闭汽车发动机用手动泵调平前右支腿, 如图 4, 用平行光管 I 进行监测手动泵每压一次俯仰轴的变化值, 记录如表 1。



1, 2 and 3 are the hydraulic stay bears;
4 and 5 are the mirrors; 6, 7 and 8 are
I, II and III beam collimation optics;
□ is the weight block

图 4 测试位置示意图

Fig. 4 The figure of metering system

Tab. 1

the number of times of run at the manual pump	the numerical value of pitch axis at the beam collimation optics	the change numerical values
0	3'5"	
1	3'2"	3"
1	2'58"	4"
about 1/2	2'59"	1"

理论计算手动泵排油量 1.13 mL, 手动泵每一行程前右支腿升起量为 0.09 mm, 折算角度约为 7", 但由于空行程、弹性变形等原因, 角度变化仅为 3"~4", 这更利于调平精度的提高, 完全可以达到 <30" 的指标要求。

4 结 束 语

本文介绍了工程用液压系统的研制方法及测试分析。尤其是采用了三点支承定位方式, 可以保证大型光电仪器工作时有较高的光路对准重复性。达到了方便灵活的车载运输和短时间内展开工作的要求实现了快速切换, 为仪器提供了稳固的工作基础。各支腿的机械部份及液压系统经过较长时间的工作考验, 性能稳定, 操纵可靠方便, 满足了各项指标要求。

参 考 文 献

- [1] 徐 灏, 机械设计手册. 北京: 机械工业出版社, 1992
- [2] 肖明耀, 误差理论与应用. 北京: 计量出版社, 1985
- [3] (美) 理查兹·弗莱德曼, 高技术战争. 北京: 兵器工业出版社, 1991

Research of Three Hydraulic Leveling Bearing Points for Carrying Vehicle of Large-size Optical and Electrical Instrument

Gao Yunguo

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)

Abstract

This paper describes the research procedures of hydraulic leveling bearing for carrying vehicle of large-size optical and electrical instrument. It gives the structural drawings and the testing data. And it gives explanation in the theory.

Key words: Hydraulic leveling bearing, Structure

高云国 男, 40 岁, 长春光学精密机械研究所, 从事精密机械与传动的研究。