

激光坐标仪中的快速解脱设计

吴世才

(西南技术物理研究所, 成都)

摘要: 本文根据摩擦原理, 分析和计算了激光坐标仪中快速解脱件的承载能力, 以及在不同锁紧力情况下所产生的扭矩, 测试结果与理论计算符合。该研制产品已在国家靶场中使用。

The rapid dislocation design in laser coordinatograph

Wu Shicai

(Southwest Institute of Technical Physics)

Abstract: The carrying ability for rapid dislocation of parts and brake torque for different locking force in laser coordinatograph are analyzed and calculated. Experiments show that measurements agree with the theory. The product developed has been used on the national shooting range.

一、前言

1988年4月份, 由国防科工委在北京主持鉴定通过的激光测风经纬仪, 是国内研制成的第一台激光测风仪器, 该仪器的主要特点是: 探测精度高, 机动性能好, 体积小、重量轻, 自动化程度较高, 有推广使用价值。现就其中的部分设计简述如下。

在国内外激光坐标仪或激光经纬仪中, 不仅测程小(一般为0.5~3km), 而且很少采用摩擦解脱体制, 更缺少这方面的设计计算资料。大家所熟悉的方向盘、炮队镜、周视瞄准镜及某些测角仪器, 在完成快速或大角度的俯仰、方位运转时, 都利用带偏心的解脱子来实现。它的缺点是精度比经纬仪低, 且在操作方面, 相对来说, 比摩擦解脱费时。为了克服上述缺点, 我们在激光坐标仪等开发项目中(含上述激光测风经纬仪), 合理地采用了带蜗轮的摩擦解脱形式。并设计计算了摩擦力矩, 同时按照力的平衡体系来配置接收、发射、瞄准及电源系统。另外还考虑了若干根电缆在转动中对它所施加的外力矩, 因而在对活动目标距、跟踪和补点时, 能保证仪器的正常运转。

二、受力分析及所传递的最大扭矩

解脱块通常有 z 个弹性解脱片（图1为带两个解脱片的解脱块示意图），每一个解脱片在接合的情况下，包含一个 α 角（如图2），在对应于中央角 $d\varphi$ 的解脱片部分上，作用有力 Q 和 $Q+dQ$ ，它们是由解脱片两端上的拉力 Q_0 及 Q_1 产生的（此处手动跟踪，忽略离心力的影响），这时所产生的摩擦力应该满足下列条件：

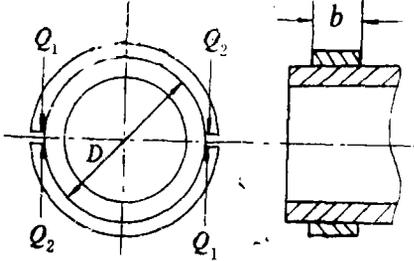


图1 解脱块示意图

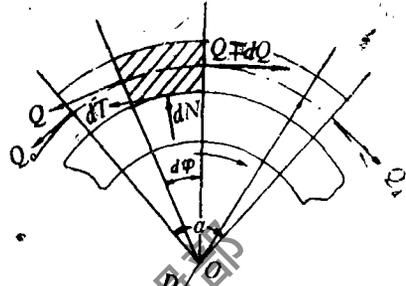


图2 解脱片受力图

$$M_k = z \int_0^\alpha \frac{D}{2} dT = \frac{f \cdot D \cdot z}{2} \int_0^\alpha dN \quad (1)$$

式中， M_k 为解脱块所传递的扭矩， dN 为摩擦表面上的垂直压力， z 为解脱片数量， f 为摩擦系数。

把所有力投影到 dN 的方向得：

$$dN = Q \sin \frac{d\varphi}{2} + (Q+dQ) \sin \frac{d\varphi}{2}$$

$$\text{略去二次无限小 } dQ \cdot \sin \frac{d\varphi}{2}, \text{ 且 } \sin \frac{d\varphi}{2} \approx \frac{d\varphi}{2}, \text{ 故 } dN = Q \cdot d\varphi \quad (2)$$

$$\text{又 } dT = f \cdot dN = f \cdot Q \cdot d\varphi \quad (3)$$

由对解脱轴心扭矩的恒等式

$$\frac{D}{2} dT = \frac{D+S}{2} \cdot dQ$$

式中， S 为解脱片厚度。因而得：

$$dT = \frac{D+S}{D} \cdot dQ$$

如果令 $\frac{D}{D+S} = c$ ，则 $dT = \frac{dQ}{c}$ ，再考虑公式(3)的关系，得： $dQ = f \cdot c \cdot Q \cdot d\varphi$

$$\text{即 } \frac{dQ}{Q} = f \cdot c \cdot d\varphi \quad (4)$$

因此，对于解脱片的任意剖面，可认为 $f = \text{const.}$ 。

$$\int_{Q_0}^{Q_\varphi} \frac{dQ}{Q} = f \cdot c \int_0^\varphi d\varphi, \text{ 即 } \ln \frac{Q_\varphi}{Q_0} = f \cdot c \cdot \varphi, \text{ 所以,}$$

$$Q_\varphi = Q_0 \cdot e^{f \cdot c \cdot \varphi} \quad (5)$$

对解脱片（图2）右端，该片相当于 $\varphi = \alpha$ 值，上式给出：

$$Q_\alpha = Q_0 \cdot e^{f \cdot c \cdot \alpha}$$

解脱表面任意处的单位面积上的压力为：

$$dN = P_\varphi \cdot b \cdot \frac{D}{2} \cdot d\varphi$$

或者按（2）式， $P_\varphi \cdot b \cdot \frac{D}{2} = Q_\varphi = Q_0 \cdot e^{f \cdot c \cdot \varphi}$ ，由此可得出：

$$P_\varphi = \frac{2Q_0}{D \cdot b} \cdot e^{f \cdot c \cdot \varphi}$$

对于解脱面的端剖面，单位面积上的压力为：

$$P_0 = \frac{2Q_0}{D \cdot b} \quad ; \quad P_\alpha = \frac{2Q_0}{D \cdot b} \cdot e^{f \cdot c \cdot \alpha}$$

通常

$$P_\varphi = P_0 \cdot e^{f \cdot c \cdot \varphi}$$

在（1）式中，代以公式（2） $dN = Q \cdot d\varphi$ ，或根据公式（4） $dN = \frac{dQ}{f \cdot c}$ ，则得：

当 $\varphi = \alpha$ 时，

$$M_h = \frac{f \cdot D \cdot z}{2} \int_{Q_0}^{Q_\alpha} \frac{dQ}{f \cdot c} = \frac{Dz}{2c} (Q_\alpha - Q_0)$$

或者根据 $Q_\alpha = Q_0 \cdot e^{f \cdot c \cdot \alpha}$ 得：

$$M_h = \frac{Dz}{2c} \cdot Q_0 (e^{f \cdot c \cdot \alpha} - 1) \quad (6)$$

$$Q_0 = \frac{2c \cdot M_h}{D \cdot z} \cdot \frac{1}{e^{f \cdot c \cdot \alpha} - 1}$$

$$Q_\alpha = \frac{2c \cdot M_h}{D \cdot z} \cdot \frac{e^{f \cdot c \cdot \alpha}}{e^{f \cdot c \cdot \alpha} - 1} \quad (7)$$

为简化计算，取 $c = \frac{D}{D+S} \approx 1$ ，于是得到：

$$M_h = \frac{D \cdot z}{2} (e^{f \cdot \alpha} - 1)$$

$$Q_0 = \frac{2M_k}{D \cdot z} \cdot \frac{1}{e^{f \cdot \alpha} - 1}$$

$$Q_a = \frac{2M_k}{D \cdot z} \cdot \frac{e^{f \cdot \alpha}}{e^{f \cdot \alpha} - 1}$$

如果不考虑解脱表面上单位面积上的压力的不均匀性，且取 $P = P_0 = \text{const.}$ ，那么有 z 个解脱片的解脱块所传递的扭矩将为：

$$M_k = f \cdot z \cdot \frac{D \cdot b \cdot \alpha}{2} \cdot P \cdot \frac{D}{2} = \frac{f \cdot z \cdot D^2 \cdot b \cdot \alpha}{4} \cdot P$$

对有两个解脱片的解脱块， $z = 2$ ， $z \cdot \alpha = 2\pi$ ，上式变为：

$$M_k = \frac{\pi f \cdot D^2 \cdot b}{2} \cdot P \quad (8)$$

式中， b 为解脱表面宽度； P 为解脱表面上单位面积上的压力。

$$Q_0 = \frac{M_k}{D} \cdot \frac{1}{e^{\pi f} - 1}$$

$$Q_a = \frac{M_k}{D} \cdot \frac{e^{\pi f}}{e^{\pi f} - 1}$$

(9)

三、应用

快速解脱结构如图3，在实现俯仰、方位运动时，通常靠解脱片的摩擦力来带动主轴或壳体运转，当完成快速或大角度的俯仰、方位运转时，只要使外力矩大于摩擦力矩，就能达到目的。

1. 计算扭矩

根据 (8) 式

$$M_k = \frac{\pi f \cdot D^2 \cdot b}{2} \cdot P$$

式中， $f = 0.24$ ； $D = 4\text{cm}$ ； $b = 1.2\text{cm}$ ； $P = 2 \sim 6\text{kg/cm}^2$ （由螺钉调节弹簧压紧力决定）。

所以 $M_k = 14.5 \sim 43.4\text{kg} \cdot \text{cm}$

由于被连接螺纹的材料强度所限，为了安全，取 $M_{k_{max}} < 25\text{kg} \cdot \text{cm}$ 。

根据最大扭矩，可计算出解脱片的压力，再计算出所需蜗轮、螺钉和弹簧尺寸，在此从略。

2. 计算偏心载荷

根据摩擦力矩等于外加力矩的条件，可求出偏心载荷 R 为：

$$R = \frac{M_k}{L}$$

式中， L 为简化偏心载荷至转轴中心距离，则在距中心 7.5cm 处，能承受的载荷为：

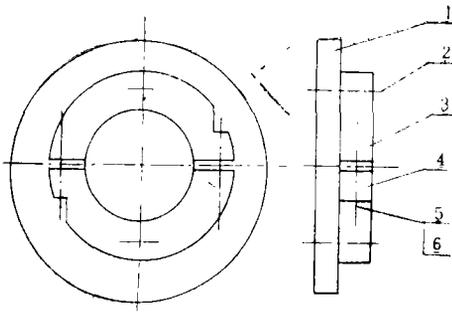


图3 快速解脱示意图

- 1—蜗轮 2—定位螺钉 3—上解脱片
4—下解脱片 5—调节弹簧 6—锁紧螺钉

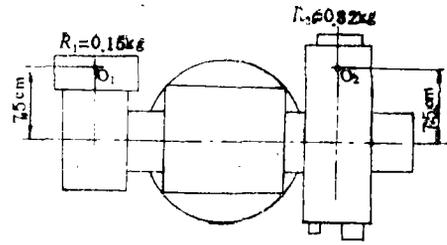


图4 简化的偏心载荷

$$R = \frac{14.5 \sim 25}{7.5} = 1.9 \sim 3.3 \text{ kg}$$

按结构布局,简化的偏心载荷如图4。在俯仰转角范围内,最大偏心载荷的合力为:

$$R_{\perp} = R_1 + R_2 + R_3 = 0.73 \text{ kg}$$

式中, R_1 为发射、接收合一物镜头的简化偏心载荷; R_2 为激光测距主体的简化偏心载荷; R_3 为电源电缆和转接电缆的简化偏心载荷为 0.26 kg。在方位转角范围内,除了承受上面的载荷

表1 快速解脱块装入激光坐标仪后的测试结果

名称 方位	偏心距 (cm)	80测力计读数 (kg)	计算的外力距 (kg·cm)	转动状态	备注
俯仰	7.5	0.5	3.8	不动(打滑)	逐步使螺钉压紧弹簧产生一定的摩擦扭矩。外场使用时,使: $M_h > 15 \text{ kg} \cdot \text{cm}$ 。
		1	7.5	不打滑	
		1.5	11.3	转不动	
		2	15	转不动	
		2.2	16.5	可转动	
		2.5	18.8	可转动	
方位	7.5	0.5	3.8	不动	
		1	7.5	转不动	
		1.5	11.3	转不动	
		2	15	转不动	
		2.2	16.5	可转动	
		2.5	18.8	可转动	
		3	22.5	可转动	

外,还要承受39芯100m长线传输电缆的阻力,采取一定的措施后,其最大偏心载荷的合力为:

$$R_1 \approx 1\text{kg}$$

上列计算表明,在俯仰和方位的任何转角位置,只要摩擦力矩 $M_h > 7.5\text{kg} \cdot \text{cm}$,主机头就不会打滑。为了外场使用可靠,通常我们使摩擦力矩 $M_h \geq 15\text{kg} \cdot \text{cm}$ 。

3. 实测数据

实测数据见表1。

参 考 文 献

- [1] 杨国光主编,《光学经纬仪》,机械工业出版社,北京,1982年出版,第202~246页。
- [2] 北京工业学院编,《军用光学仪器》,北京工业学院印刷厂,1974年印刷,第76~80页。
- [3] 黄锡恺编,《机械原理》,高等教育出版社,北京,1956年出版,第63~65页。
- [4] 上海交通大学主编,《工程力学》,第10~14页。
- [5] 王善康,《光学仪器》,1983年,第5卷,第3期,第54~63页。
- [6] 西德ELDI-2激光测距经纬仪。
- [7] 空军第七研究所编,84式经纬仪。
- [8] 612所编,《航空机械设计手册》,第1册第6章。
- [9] ALEX VALLANCE, Design of Machine Members, P. 361~380.
- [10] M. F. Spotts, Design of Machine Elements, P. 303~318.
- [11] Robertl Manwell, Kinematics and Dynamics of Machinery, P. 210~220.
- [12] ZM-22型周视瞄准镜、8倍炮队镜及61式方向盘简图。
- [13] Кручер М.Я и Кулижнов Б.М., Конструирование Опамико-Механических Приборов.

作者简介: 吴世才,男,1936年11月出生。高级工程师。现从事光学机械设计与研究工作。

收稿日期: 1989年10月13日。

· 简 讯 ·

准分子激光器项目获得政府经费

英国贸易和工业部为英国牛津生产气体净化设备的牛津激光公司和准分子激光应用研究中心Exitech的准分子激光器项目各提供50%的资金。准分子激光器靠高腐蚀性和昂贵的气体混合物运转,由于污染物的产生,严重地限制了准分子激光器的寿命。按照尤里卡计划(全欧高技术计划)牛津激光公司将为下一代高能准分子激光器研究出更有效的气体净化系统和方法。Exitech准备把资金用来进一步研究紫外辐射对各种有机化合物,如塑料、陶瓷、玻璃和生物组织的影响。

译自 L. & O., 1988, Nov., P. 17.

张贤义 译 刘建卿 校