

778 光电经纬仪水平轴系机械 装配方法及误差

艾述伦

【摘要】 本文着重叙述 778 光电经纬仪水平轴系机械装配的方法及影响装配精度的因素。

一、概 述

778 光电经纬仪精密机械装配是保证仪器精度的关键环节。由于装配的零部件精度高、尺寸大、装配比较复杂,同时机械装配、电装配、检测交替进行,因此在装配过程中,根据总装精度要求,采取必要的装配措施,对保证仪器精度具有重要的意义。

为了保证装配精度,首先要保证零件精度稳定可靠。对有的部件采取组合加工,这样不仅降低了对零件的加工精度,同时减少了装配误差。要求过盈装配的零件进行热压装配可减少零件变形。对影响装配的关键部件如编码器、精密联轴节等,进行调整装配方法,修正装配误差。

影响装配精度的因素较多,不仅有系统误差,还有随机误差,情况比较复杂。水平轴系在装配过程中,轴系零件的加工精度,水平轴体的刚度,轴系承受负载的大小,检测方法 & 量仪误差,都将影响水平轴系的晃动和测角精度。

二、水平轴系装配主要零部件及精度要求

1. 装配主要零部件如图 1

2. 主要装配精度

- (1) 左、右轴头组装后,轴颈径向跳动 $\leq 0.01 \sim 0.015$ 毫米,左轴头端面跳动 ≤ 0.015 毫米。
- (2) 左轴承座端面对水平轴的跳动 ≤ 0.03 毫米。
- (3) 水平轴与垂直轴不垂直度 $\leq 1''$ 。
- (4) 力矩电机转子测速机转子与定子间隙对称性 ≤ 0.05 毫米。
- (5) 水平轴在水平和垂直面内的晃动最大值 $\leq 1.2''$ 。
- (6) 编码器轴与水平轴的不同轴度 ≤ 0.02 毫米。
- (7) 水平测角系统测角误差 $\leq \pm 1.10''$ 。

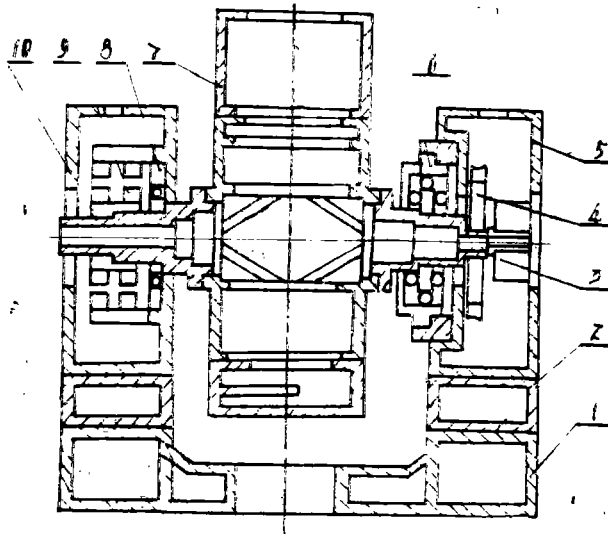


图 1

1. 转盘 2. 立柱 3. 编码器, 联轴节 4. 传动系统 5. 右轴承座 6. 右轴承 7. 水平轴体主件 8. 左轴承 9. 力矩电机转子测速机转子 10. 左轴承座

三、保证精度的措施

1. 保证零件加工精度

水平轴系零件尺寸大、重量重、精度高, 过盈配合尺寸要求在 0.005~0.015 毫米, 因此在加工检测过程中, 严格保证精度要求及稳定性、可靠性是保证总装精度的重要一环。轴系零件加工精度为表 1, 零件加工总精度为:

外圆、内孔椭圆度 $\leq 0.001 \sim 0.002$ 毫米

锥度 $\leq 0.002 \sim 0.005$ 毫米

光洁度 $\nabla_{10} \sim \nabla_{11}$

外圆、内圆及钢球配合过盈为 0.005~0.015 毫米

表 1 轴系零件加工精度

毫米

名 称		左 轴 承		右 轴 承	
		内 环	外 环	内 环	外 环
部位尺寸		$\phi 300$	$\phi 270$	$\phi 300$	$\phi 270$
1	椭圆度	0.001	0.001	0.002	0.001
2	锥 度	0.001	0.002	0.002	0.0013
3	与钢球配合过盈	0.007		0.009	
4	光洁度	∇_{11}	∇_{11}	∇_{11}	∇_{11}

2. 加热装配

水平轴系零件在装配过程中, 要求过盈装配, 过盈量为 $0.005 \sim 0.015$ 毫米, 并且尺寸大, 重量为 $40 \sim 150\text{kg}$ 。采用冷压的方法, 容易使零件变形难于保证精度, 因此采用加热装配的方法。

(1) 左轴头、右轴头与水平轴体的装配。

左轴头、右轴头与水平轴体装配后对轴颈的径向跳动和端面跳动都有高精度要求。

装配部位: $\phi 260$ 毫米要求过盈量 0.012 毫米

椭圆度 0.002 毫米

锥度 0.002 毫米

装配中以水平轴体右端面为安装基准放在装配平台上。由于水平轴体尺寸大、重量重, 不能放入恒温箱内加热, 因此采用电炉局部加热孔的方法 (也可用红外灯泡加热), 加热 $1.5 \sim 2$ 小时后, 用石油醚清洗干净。停止加热将左轴头 $\phi 260$ 毫米外圆装入孔内, 快速旋转对准螺孔装上螺钉, 待水平轴体冷却后, 对称拧紧螺钉。然后用同样装配步骤装右轴头。在加热中要特别注意加热时间和温度的控制。装配时不要产生冲击, 以避免水平轴体精度变化。

为了检测装配后的精度是否达到要求, 可将左轴头、右轴头安置于带有轴向定位的 V 形架上, 分别用电感仪或千分表测径向和端面跳动, 如图 2 所示。

表 2 检测精度 毫米

序号	检测项目	要求	实测
1	左轴头 $\phi 200$ 轴颈端面跳动	< 0.015	0.012
2	左轴头 $\phi 200$ 径向跳动	< 0.015	0.01
3	右轴头 $\phi 130$ 径向跳动	< 0.02	0.007
4	右轴头 $\phi 100d$ 径向跳动	≤ 0.015	0.012

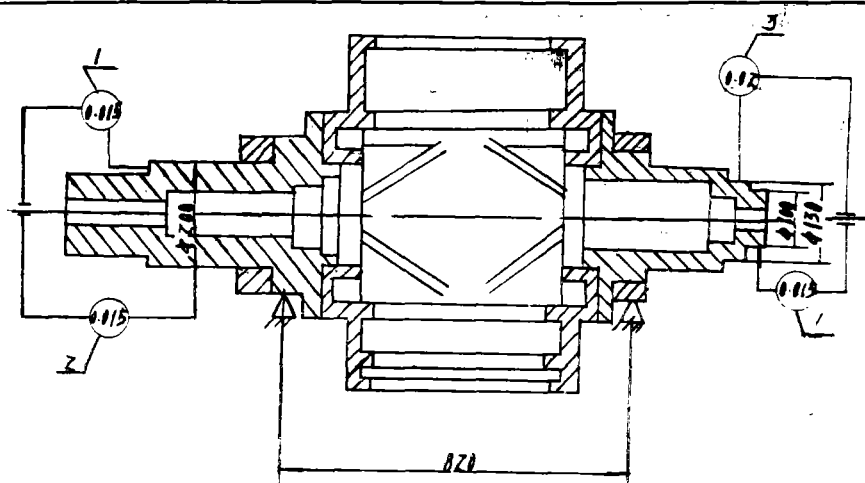


图 2

(2) 右端轴系零件的装配

右端轴系零件装配的关键是轴承内环的装配。

a. 轴承内环加工精度

内圆：配合过盈 0.006 毫米 外圆：配合过盈 0.009 毫米

椭圆度 0.002 毫米 椭圆度 0.001 毫米

锥度 0.0025 毫米 锥度 0.0013 毫米

两端面：不平行度 0.002 毫米，不平度 0.002 毫米

b. 轴承内环加热温度的计算

$$\begin{aligned} T &= \frac{\delta_{m,x} + \delta_0}{\alpha d} + t_0 \\ &= \frac{0.006 + 0.019}{1.14 \times 10^{-6} \times 165} + 21^\circ \\ &= 154^\circ \text{C} \end{aligned}$$

式中 $\delta_{m,x}$ —最大配合过盈量
 δ_0 —热压时表面摩擦所需最小间隙
 α —零件加热时线膨胀系数
 d —轴颈公称尺寸
 t_0 —环境温度

C. 装配过程

在装配过程中，先将轴承内环平放于恒温箱内小平台上，逐步升温至要求，然后保温 2 小时，同时要特别注意将零件清洗干净，防止灰尘、杂物进入轴承内环。加热后装入右轴头时要轻放，与端面接触时快速旋转，用力要小，避免变形。

装配如图 3 所示，以左轴头台阶面为安装基准，垂直放在高精度圆环上，依次装入内止推环 2、止推钢球组件 3、轴承内环 4、径向钢球组件 5、右轴承外环 6、止推钢球组件 7，外止推环 8。

3. 调整装配

(1) 左端轴承钢球装配的调整

水平轴体组件与左、右轴承座组装是水平轴系装配的关键。在装配过程中，先将左轴头穿入左轴承座轴承环孔内，然后松开右端固定环调整螺钉，将右端轴系零件外环装入固定环中，找正两端轴线等高、同轴，并在同一平面内。然后调整右轴头与左轴承外环同轴，并用小于装配钢球 0.005~0.01 的装配环测内外环间隙使其均匀，旋转钢球及保持架，并加上轴向推力逐步装入。在装入过程中要注意

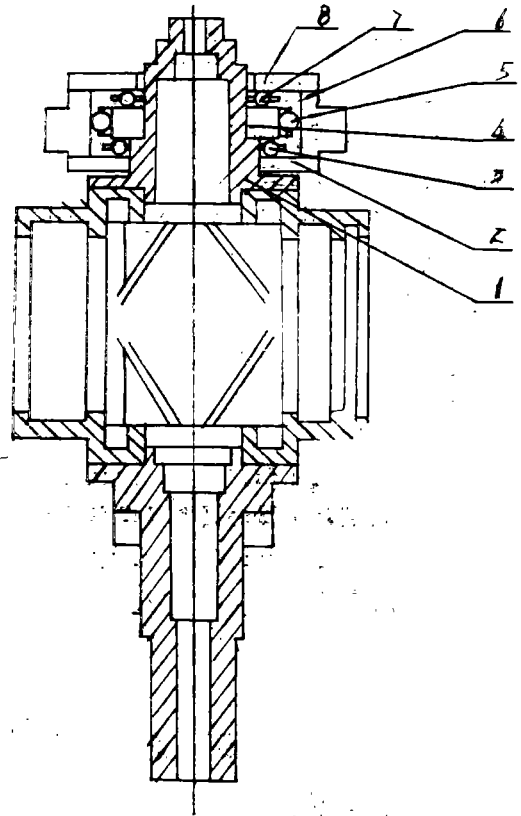


图 3

避免轴头晃动、倾斜和间隙的变化。

(2) 编码器的装配

编码器、精密联轴节与右轴头装配后的轴系不同轴要求 ≤ 0.02 毫米，端面跳动 ≤ 0.015 毫米。

在装配过程中，首先将联轴节瞄准镜的联接轴固定在右轴头上，其同轴度 ≤ 0.005 毫米端面跳动 ≤ 0.01 毫米，以此轴作为检测右轴头与编码器轴系同轴度的测量基准。然后将编码器及固定座装入右轴承座内，用螺钉拧紧。同时将精密联轴节轴套与右轴头相连。调整编码器轴系与水平轴系的同轴度及端面跳动达精度要求。

4. 选择装配基准

力矩电机、测速机定子与转子，要求装配后侧隙为0.05毫米，在装配中，由于部件尺寸大、重量重、精度高，水平进行装配难于达到精度要求。为了达到精度，选择轴系内外环作为装配基准。

力矩电机、测速机定子固定在轴承座上，装配时以固定在轴承座上的轴承外环内孔作为找正基准。使定子内孔与轴承环的不同轴度 ≤ 0.015 毫米，然后钻攻螺孔，配打销孔将定子固紧在轴承座上。同样力矩电机测速机转子以轴承内环为找正基准。找正在0.015毫米以内，钻孔攻丝，将转子固定在轴头上。由于力矩电机测速机转子在运转中以轴系为回转中心，而外环、钢球、内环装配过盈为0.01毫米，椭圆度为0.0015毫米，由轴系回转而引起电机径向跳动0.003毫米，结果装配误差为：

电机转子径向跳动误差 δ_1 0.015毫米

电机定子径向跳动误差 δ_2 0.015毫米

轴系引起的误差 δ_3 0.003毫米

$$\sum_{i=1}^n \delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 = 0.015 + 0.015 + 0.003 = 0.033 \text{ 毫米}$$

这样不仅满足了精度要求，而且安全可靠，不需要装配时进行调整。

5. 修研装配基面保证垂直度平行度要求

在装配中，由于由几个部件、零件组装，零部件的误差有的叠加，有的互相抵消；因此总装后的精度有的降低。为了减小综合误差，采取逐步修研最后一个装配零件的方法，这样不仅能保证精度且方法简单。

四、影响装配精度的主要因素

1. 零件精度的影响

在装配过程中，要保证装配精度，首先要保证轴系零件精度。而轴系零件，主要是轴承环的精度，因为轴承环的椭圆度主要是内环的精度将引起水平轴系统晃动，而该项误差是以 180° 为周期的高角 λ 的周期函数，按反余弦分布，表达公式为：

$$\sigma_r = \sqrt{\left(\frac{1}{\sqrt{2}} \times \frac{\delta}{L} \times 2 \times 10^5\right)^2 \times 2}$$

式中 L—水平轴承距离；
 δ —轴承环加工误差；
 σ —水平轴晃动。

$$\begin{aligned} \text{当 } \delta = 0.0015 \text{ 毫米} \quad \sigma = 0.37'' \\ \delta = 0.001 \text{ 毫米} \quad \sigma = 0.24'' \end{aligned}$$

从上述结果可以看出，保证零件精度是保证装配精度的前提。提高零件加工精度将大大提高总装精度。

2. 水平轴体刚度的影响

水平轴体的刚度影响着中部的晃动，水平轴体是一个四通腔体，当未装镜筒及前后盖板时，刚度低。测得中部的晃动如图4中曲线①。当装上镜筒，前后盖板及全部负载时，测得晃动值为0.37''，图中曲线②表示。

从图中曲线看出水平轴体刚度对精度影响较大，要达到高精度要求，必须有一个高刚度的水平轴体。

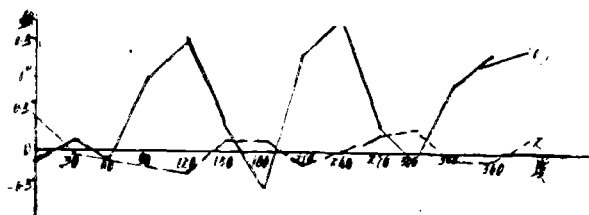


图4

3. 测量误差对精度的影响

在装配中反映装配后是否达到精度要求，主要靠检测结果来反映，而检测结果的准确性取决于检测方法和量具。

同时由于量具安装误差及其它偶然误差也将影响检测精度的可靠性。因此在检测中必须注意各个环节，减小测量误差，使精度准确可靠。

4. 负载对精度的影响

轴头上承受负载大小不同，将引起轴头的微量变形，使轴系晃动增大，在不同负载下，轴系晃动起着不同的变化。图5图6表示左轴头未装负载和装上局部负载及全负载轴系的晃动值。

(1) 高低方向

(2) 水平方向

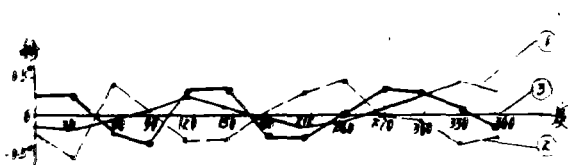


图5



图6

- ①未装负载轴系晃动最大值0.44''
- ②装上部分负载轴系晃动最大值0.78''
- ③全负载轴系晃动最大值0.6''

- ①未装负载轴系晃动最大值0.19''
- ②局部负载轴系晃动最大值1.44''
- ③全负载轴系晃动最大值0.55''

从图中看出轴系晃动随负载变化而变化。当水平轴体组装后，刚度增加，左右轴承负载均衡。装配时调整平衡得当，将提高水平轴系精度。

综上所述，对 778 光电经纬仪水平轴系的机械精密装配，由于分析了引起误差的原因，装配时采取了有效的工艺措施和装配方法，装配后不仅达到了设计要求，而且还可提高精度，通过外场实践证明，精度稳定可靠。

参加此项工作的有刘长贵、王学忠、刘正芳，陆国英、刘兰香等同志，并得到马振洲、陆德基同志的帮助和指导。本文经马振洲同志审阅，特此致谢！

The Mechanical Assembling Method and Errors of Horizontal Axial System for the Photoelectric Theodolite 778

Ai Shulun

Abstract

The article lays stress on describing mechanical assembling method of horizontal axial system for 778 photoelectric theodolite and the factors affecting assembling accuracy.