



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101776454 B

(45) 授权公告日 2012. 01. 11

(21) 申请号 200910020843. 7

1-6.

(22) 申请日 2009. 01. 08

高立民 等. 直角棱镜棱脊倾斜对方位瞄准的影响. 《光子学报》. 2002, 第 31 卷 (第 1 期), 117-119.

(73) 专利权人 中国科学院西安光学精密机械研究所

审查员 张亚峰

地址 710119 陕西省西安市高新区新型工业园信息大道 17 号

(72) 发明人 吴易明 高立民 胡晓东 赵军丽

(74) 专利代理机构 西安智邦专利商标代理有限公司 61211

代理人 康凯

(51) Int. Cl.

G01C 15/10 (2006. 01)

(56) 对比文件

WO 2004109266 A1, 2004. 12. 16, 全文.

CN 1417556 A, 2003. 05. 14, 全文.

CN 2494974 Y, 2002. 06. 12, 全文.

CN 201408007 Y, 2010. 02. 17, 权利要求

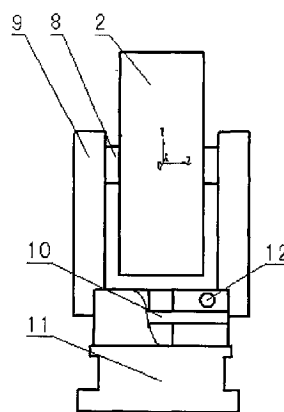
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种直角反射棱镜法平面铅垂度检测方法及其装置

(57) 摘要

一种直角反射棱镜法平面铅垂度检测方法及其装置, 该方法包括建立坐标系 OXYZ、自准直仪对直角反射棱镜进行瞄准, 记录瞄准示值  $\beta_1$ ; 位于第二状态时, 自准直仪对直角反射棱镜进行瞄准, 并记录瞄准示值  $\beta_2$ 、由第二状态至第三状态时, 自准直仪再对直角反射棱镜进行瞄准, 并记录瞄准示值  $\beta_3$  以及对 3 次测量的  $\beta_1$ 、 $\beta_2$  以及  $\beta_3$  按照其矢量关系进行处理的步骤。本发明测量精度可以控制在 8" 以内, 同时具有测量原理简单, 操作容易等优点。本发明可用于直角反射棱镜装调过程中法平面铅垂度的检测。



1. 一种直角反射棱镜法平面铅垂度检测方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

1) 以斜方棱镜 (2) 的中心为坐标原点,建立坐标系 OXYZ;

2) 斜方棱镜 (2) 位于铅垂状态时,首先自准直仪 (1) 对直角反射棱镜 (3) 进行瞄准,记录瞄准示值  $\beta_1$ ;

3) 横轴 (8) 与斜方棱镜 (2) 的 Z 轴同轴心,斜方棱镜 (2) 的下表面 (7) 镀有增透膜,在横轴 (8) 带动下斜方棱镜 (2) 绕 Z 轴单方向旋转  $22.5^\circ$ ,位于第二状态 (4) 时,其前表面部分 (6) 与下表面部分 (7) 构成了楔形镜,光线经折射至直角反射棱镜 (3),自准直仪 (1) 对直角反射棱镜 (3) 进行瞄准,并记录瞄准示值  $\beta_2$ ;

4) 斜方棱镜 (2) 绕竖轴及码盘 (10) 在水平面内旋转  $180^\circ$ ,由第二状态 (4) 至第三状态 (5) 时,自准直仪 (1) 再对直角反射棱镜 (3) 进行瞄准,并记录瞄准示值  $\beta_3$ ;

5) 对 3 次测量的  $\beta_1$ 、 $\beta_2$  以及  $\beta_3$ ,按公式 
$$\alpha = \frac{\arcsin \frac{\beta_3 + \beta_2 - \beta_1}{2 \sin c}}{2}$$
  $\alpha$  是直角反射棱镜

(3) 法平面偏转角度,  $c$  为入射光线与经斜方棱镜的出射光线的夹角;即得到直角反射棱镜 (3) 的法平面铅垂度。

2. 根据权利要求 1 所述直角反射棱镜法平面铅垂度检测方法,其特征在于:所述斜方棱镜 (2) 在安装过程中,若其前表面部分 (6) 与下表面 (7) 相交棱线处于水平状态,则斜方棱镜 (2) 位于第二状态 (4) 与第三状态 (5) 时,检测装置中光路完全相同,仅需对第二状态 (4) 测量,得到测量数据  $\beta_2$ ,结合铅垂状态下测量数据  $\beta_1$ ,便可得到测量结果。

3. 根据权利要求 1 所述直角反射棱镜法平面铅垂度检测方法,其特征在于:所述斜方棱镜 (2) 在安装过程中,其前表面部分 (6) 与下表面 (7) 相交棱线一般不处于水平状态,则斜方棱镜 (2) 位于第二状态 (4) 与第三状态 (5) 时,所得瞄准示值  $\beta_2$  与  $\beta_3$  有偏差,对其求平均值可以消除棱线不水平带来的测量误差,提高测量精度。

4. 根据权利要求 1~3 任一所述直角反射棱镜法平面铅垂度检测方法,其特征在于,所述斜方棱镜 (2) 位于铅垂状态具体实现方式是:检测前调节水泡 (12),自准直仪 (1) 对斜方棱镜 (2) 前表面部分 (6) 进行瞄准,使斜方棱镜 (2) 处于铅垂状态,完成自准。

5. 一种实现权利要求 1 所述检测方法的直角反射棱镜法平面铅垂度检测装置,包括底座 (11) 以及设置于底座 (11) 上的竖轴及码盘 (10),所述竖轴及码盘 (10) 与 U 型架 (9) 连接,所述 U 型架 (9) 可绕竖轴及码盘 (10) 在水平面内旋转,所述 U 型架 (9) 的上端连接一横轴 (8);

其特征还在于:还包括设置于横轴 (8) 上的斜方棱镜 (2),所述斜方棱镜 (2) 包括在其上镀有反射膜的前表面部分 (6) 和镀有增透膜的下表面 (7);以斜方棱镜 (2) 的中心为坐标原点,建立坐标系 OXYZ,所述横轴 (8) 与斜方棱镜 (2) 的 Z 轴同轴心,并能带动斜方棱镜 (2) 绕 Z 轴单方向旋转  $22.5^\circ$ ;所述斜方棱镜 (2) 的两侧分别设置自准直仪 (1) 和直角反射棱镜 (3),自准直仪 (1) 发出光线经斜方棱镜 (2) 和直角反射棱镜 (3) 后,又能回到自准直经纬仪 (1);所述支架 (9) 的底部还设置有实现斜方棱镜 (2) 水平调整的水泡 (12)。

6. 根据权利要求 5 所述直角反射棱镜法平面铅垂度检测装置,其特征还在于:所述支架 (9) 的底部位于竖轴及码盘 (10) 一侧设置有实现斜方棱镜 (2) 水平调整的水泡 (12)。

7. 根据权利要求 6 所述直角反射棱镜法平面铅垂度检测装置,其特征在于:所述斜方棱镜 (2) 的前表面部分 (6) 镀的反射膜反射率为 5%~50%。

8. 根据权利要求 7 所述直角反射棱镜法平面铅垂度检测装置,其特征在于:所述斜方棱镜 (2) 的前表面部分 (6) 镀的反射膜反射率为 10%或 20%。

9. 根据权利要求 8 所述直角反射棱镜法平面铅垂度检测装置,其特征在于:所述斜方棱镜 (2) 为特级 K9 玻璃的斜方棱镜。

## 一种直角反射棱镜法平面铅垂度检测方法及其装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种法平面铅垂度检测方法及其装置,具体涉及一种直角反射棱镜法平面铅垂度检测方法及其装置。

### 背景技术

[0002] 在精密测试计量技术领域,直角反射棱镜的应用非常广泛,然而在实际应用过程中,由于其法平面的不铅垂,对测量误差产生重要影响,从而影响了测量精度。

[0003] 目前,直角反射棱镜在安装过程中,其法平面铅垂度是一个重要参数,现阶段主要使用自准直经纬仪对其法平面铅垂度进行测量。该方法的实现,一种是使用一台自准直经纬仪,要先后通过平瞄与仰瞄两次测量得到测量结果;另一种是使用两台自准直经纬仪,分别同时进行平瞄与仰瞄测量。但以上两种方法均存在测量次数多,测量过程烦琐,且两次测量存在方位误差,以及自准直经纬仪自身的测量误差,使得测量误差加大,大大降低了测量精度。因此,目前没有理想的方法或者测量装置实现法平面铅垂度的准确测量。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种直角反射棱镜法平面铅垂度检测方法及其装置,其解决了背景技术中无法实现法平面铅垂度准确测量的技术问题。

[0005] 本发明的技术解决方案是:

[0006] 一种直角反射棱镜法平面铅垂度检测方法,其特殊之处在于,该方法包括以下步骤:

[0007] 1) 以斜方棱镜 2 的中心为坐标原点,建立坐标系 OXYZ;

[0008] 2) 斜方棱镜 2 位于铅垂状态(第一状态)时,自准直仪 1 对直角反射棱镜 3 进行瞄准,记录瞄准示值  $\beta_1$ ;

[0009] 3) 斜方棱镜 2 绕 Z 轴单方向旋转  $22.5^\circ$ ,位于第二状态 4 时,其前表面部分 6 与下表面部分 7 构成了楔形镜,光线经折射至直角反射棱镜 3,自准直仪 1 对直角反射棱镜 3 进行瞄准,并记录瞄准示值  $\beta_2$ ;

[0010] 4) 斜方棱镜 2 绕竖轴及码盘 10 在水平面内旋转  $180^\circ$ ,由第二状态 4 至第三状态 5 时,自准直仪 1 再对直角反射棱镜 3 进行瞄准,并记录瞄准示值  $\beta_3$ ;

[0011] 5) 对 3 次测量的  $\beta_1$ 、 $\beta_2$  以及  $\beta_3$  按照其矢量关系进行处理,即得到直角反射棱镜 3 的法平面铅垂度。

[0012] 上述斜方棱镜 2 在安装过程中,若其前表面部分 6 与下表面 7 相交棱线处于水平状态,则斜方棱镜 2 位于第二状态 4 与第三状态 5 时,检测装置中光路完全相同,仅需对第二状态 4 测量,得到测量数据  $\beta_2$ ,结合铅垂状态下测量数据  $\beta_1$ ,便可得到测量结果。

[0013] 上述斜方棱镜 2 在安装过程中,其前表面部分 6 与下表面 7 相交棱线一般不处于水平状态,则斜方棱镜 2 位于第二状态 4 与第三状态 5 时,所得瞄准示值  $\beta_2$  与  $\beta_3$  有偏差,对其求平均值可以消除棱线不水平带来的测量误差,提高测量精度。

[0014] 上述斜方棱镜 2 位于铅垂状态具体实现方式是：检测前调节水泡 12，自准直仪 1 对斜方棱镜 2 前表面部分 6 进行瞄准，使斜方棱镜 2 处于铅垂状态，完成自准。

[0015] 一种直角反射棱镜法平面铅垂度检测装置，包括底座 11 以及设置于底座 11 上的竖轴及码盘 10，所述竖轴及码盘 10 与 U 型架 9 连接，所述 U 型架 9 可绕竖轴及码盘 10 在水平面内旋转，所述 U 型架 9 的上端连接一横轴 8。

[0016] 其特殊之处在于：还包括设置于横轴 8 上的斜方棱镜 2，以斜方棱镜 2 的中心为坐标原点，建立坐标系 OXYZ，所述横轴 8 与斜方棱镜 2 的 Z 轴同轴心，并能带动斜方棱镜 2 绕 Z 轴单方向旋转  $22.5^\circ$ ；所述斜方棱镜 2 的两侧分别设置自准直仪 1 和直角反射棱镜 3，自准直仪 1 发出光线经斜方棱镜 2 和直角反射棱镜 3 后，又能回到自准直经纬仪 1；所述支架 9 的底部还设置有实现斜方棱镜 2 水平调整的水泡 12。

[0017] 上述斜方棱镜 2 包括在其上镀有反射膜的前表面部分 6 和镀有增透膜的下表面 7。

[0018] 上述支架 9 的底部位于竖轴及码盘 10 一侧设置有实现斜方棱镜 2 水平调整的水泡 12。

[0019] 上述斜方棱镜 2 的前表面部分 6 镀的反射膜反射率为  $5\% \sim 50\%$ 。

[0020] 上述斜方棱镜 2 的前表面部分 6 镀的反射膜反射率以  $10\%$  或  $20\%$  为佳。

[0021] 上述斜方棱镜 2 为特级 K9 玻璃的斜方棱镜。

[0022] 本发明中提供的直角反射棱镜法平面铅垂度检测仪，由于其采用单次测量方法，避免了两次测量引入的方位误差，其测量精度可以控制在  $8''$  以内，同时具有测量原理简单，操作容易等优点。本发明可用于直角反射棱镜装调过程中法平面铅垂度的检测。

## 附图说明

[0023] 图 1 为本发明的装置示意图；

[0024] 图 2 为本发明的原理示意图。

[0025] 附图标号说明：1- 自准直仪；2- 斜方棱镜；3- 直角反射棱镜；4- 第二状态；5- 第三状态；6- 前表面部分；7- 下表面；8- 横轴；9- U 型架；10- 竖轴及码盘；11- 底座；12- 水泡。

## 具体实施方式

[0026] 如图 1 及图 2，一种直角反射棱镜法平面铅垂度检测方法，该方法包括以下步骤：

[0027] 1) 以斜方棱镜 2 的中心为坐标原点，建立坐标系 OXYZ；

[0028] 2) 斜方棱镜 2 位于铅垂状态时，首先自准直仪 1 对直角反射棱镜 3 进行瞄准，记录瞄准示值  $\beta_1$ ；

[0029] 3) 横轴 8 与斜方棱镜 2 的 Z 轴同轴心，斜方棱镜 2 的下表面 7 镀有增透膜，在横轴 8 带动下斜方棱镜 2 绕 Z 轴单方向旋转  $22.5^\circ$ ，位于第二状态 4 时，其前表面部分 6 与下表面部分 7 构成了楔形镜，光线经折射至直角反射棱镜 3，自准直仪 1 对直角反射棱镜 3 进行瞄准，并记录瞄准示值  $\beta_2$ ；

[0030] 4) 斜方棱镜 2 绕竖轴及码盘 10 在水平面内旋转  $180^\circ$ ，由第二状态 4 至第三状态 5 时，自准直仪 1 再对直角反射棱镜 3 进行瞄准，并记录瞄准示值  $\beta_3$ ；

[0031] 5) 对 3 次测量的  $\beta_1$ 、 $\beta_2$  以及  $\beta_3$  按照其矢量关系进行处理，即得到直角反射棱镜

3 的法平面铅垂度。

[0032] 一种直角反射棱镜法平面铅垂度检测装置,包括底座 11 以及设置于底座 11 上的竖轴及码盘 10,竖轴及码盘 10 与 U 型架 9 连接,所述 U 型架可绕竖轴及码盘 10 在水平面内旋转,U 型架的上端连接一横轴 8,还包括设置于横轴 8 上的斜方棱镜 2,以斜方棱镜 2 的中心为坐标原点,建立坐标系 OXYZ,所述横轴 8 与斜方棱镜 2 的 Z 轴同轴心,并能带动斜方棱镜 2 绕 Z 轴单方向旋转  $22.5^\circ$ ;斜方棱镜 2 的两侧分别设置自准直仪 1 和直角反射棱镜 3,自准直仪 1 发出光线经斜方棱镜 2 和直角反射棱镜 3 后,又能回到自准直仪 1;U 型架 9 的底部位于竖轴及码盘 10 一侧设置有实现斜方棱镜 2 水平调整的水泡 12;其中斜方棱镜 2 包括在其上镀有反射率为  $5\% \sim 50\%$  反射膜的前表面部分 6 和镀有增透膜的下表面 7。其中反射膜的反射率以  $10\%$  或  $20\%$  为佳。

[0033] 如图 2 所示,包括有自准直仪 1、斜方棱镜 2 和直角反射棱镜 3。自准直仪 1 的测量误差为  $0.2''$ ,斜方棱镜 2 采用特级 K9 玻璃制造。建立坐标系  $O_0X_0Y_0Z_0$ , OXYZ 和  $O' X' Y' Z'$ ,分别为自准直仪 1,斜方棱镜 2 和直角反射棱镜 3 的坐标系。检测前调平 U 型架中水泡 12,自准直仪 1 对斜方棱镜 2 上镀有  $5\% \sim 50\%$  反射膜的前表面部分 6 进行瞄准,斜方棱镜 2 处于铅垂状态,完成自准;开始检测,自准直仪 1 对直角反射棱镜 3 进行瞄准,记录瞄准示值  $\beta_1$ ;斜方棱镜 2 绕 Z 轴单方向旋转  $22.5^\circ$  至第二状态 4 时,由于斜方棱镜 2 的下表面 7 镀有增透膜,其前表面部分 6 与下表面部分 7 构成了楔形镜,光线经折射至直角反射棱镜 3,瞄准并记录瞄准示值  $\beta_2$ ;斜方棱镜 2 绕竖轴 10 在水平面内旋转  $180^\circ$  由第二状态 4 至第三状态 5 时,瞄准并记录瞄准示值  $\beta_3$ ,对三次测量数据按其矢量关系进行处理,即可得到直角反射棱镜 3 的法平面铅垂度。

[0034] 斜方棱镜 2 在安装过程中,其前表面部分 6 与下表面 7 相交棱线处于水平状态,则斜方棱镜 2 处于状态 4 与状态 5 时,检测仪中光路完全相同,仅需对状态 4 与状态 5 任一状态测量,结合  $\beta_1$ ,便可得到测量结果。反之,如果棱线不水平,则状态 4 与状态 5 时,所得瞄准示值  $\beta_2$  与  $\beta_3$  有偏差,对其求平均值可以消除棱线不水平带来的测量误差,提高测量精度。

[0035] 运用矩阵光学理论,对检测仪进行光路分析。

[0036] 直角反射棱镜 3 绕  $Z'$  轴旋转一角度  $\alpha$ ,即其法平面有一偏转角度  $\alpha$ ,设入射光矢量为:

$$[0037] \quad \lambda_{in} = [1 \ 0 \ 0]^T \quad (i)$$

[0038] 斜方棱镜 2 处于铅垂状态,出射光矢量为:

$$[0039] \quad \lambda_{out1} = [-1 \ 0 \ 0]^T \quad (ii)$$

[0040] 即出射光线沿原路近回,光线没有发生偏转。

[0041] 斜方棱镜 2 处于第二状态 4 时,出射光矢量为:

$$[0042] \quad \lambda_{out2} = [2\sin^2 c \sin^2 \alpha \quad -\sin 2c \sin^2 \alpha \quad \sin c \sin 2\alpha]^T \quad (iii)$$

[0043] 其中  $c$  为入射光线与经斜方棱镜 2 的出射光线的夹角,其大小为:

[0044]

$$c = \arcsin\left\{n \sin\left[45^\circ - \arcsin \frac{\sin 22.5^\circ}{n}\right]\right\} - 22.5^\circ \quad (iv)$$

[0045] 其中  $n$  为斜方棱镜 2 的折射率。

[0046] 斜方棱镜 2 处于第三状态 5 时, 出射光矢量为  $\lambda_{out3}$ 。

[0047] 比较 (2) 式与 (3) 式, 按其 Z 分量进行计算, 则直角反射棱镜 3 法平面偏转角度为:

[0048]

$$\alpha = \frac{\arcsin \frac{\lambda_{out3} + \lambda_{out2} - \lambda_{out1}}{2}}{\sin c} \quad (v)$$

[0049] 即

$$\alpha = \frac{\arcsin \frac{\beta_3 + \beta_2 - \beta_1}{2}}{\sin c} \quad (vi)$$

[0050] 目前使用 T<sub>3</sub>A 型号自准直经纬仪对直角反射棱镜法平面铅垂度进行测量, 测量精度最高可以达到 15", 而采用本发明中提供的直角反射棱镜法平面铅垂度检测仪, 由于其采用单次测量方法, 避免了两次测量引入的方位误差, 其测量精度可以控制在 8" 以内, 同时具有测量原理简单, 操作容易等优点。本发明可用于直角反射棱镜装调过程中法平面铅垂度的检测。

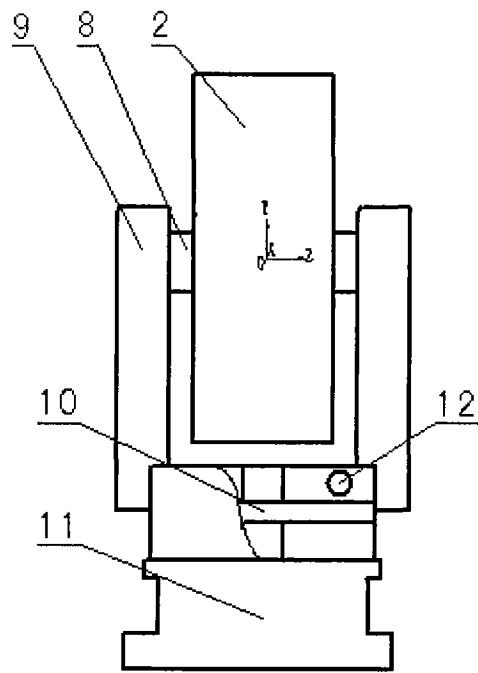


图 1

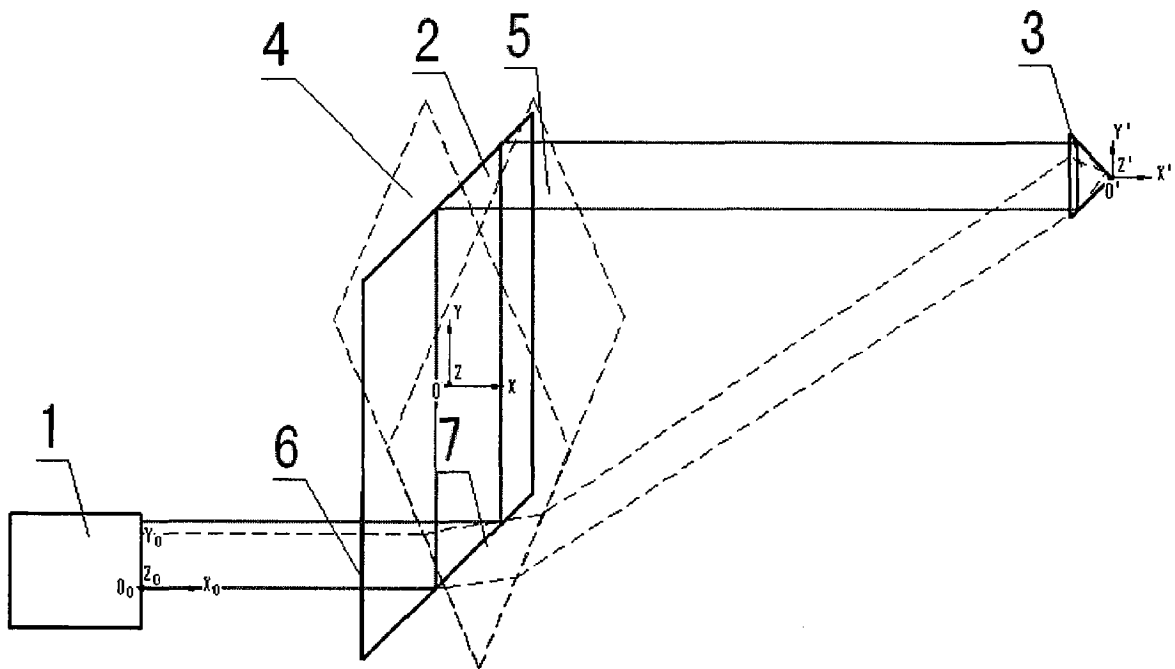


图 2