



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101403629 B

(45) 授权公告日 2010.05.12

(21) 申请号 200810137531.X

(22) 申请日 2008.11.14

(73) 专利权人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街 92 号

(72) 发明人 谭久彬 黄景志 金国良 杨文国

(51) Int. Cl.

G01D 11/00 (2006.01)

(56) 对比文件

DE 19833083 A1, 2000.01.27, 全文.

US 2004/0182176 A1, 2004.09.23, 全文.

CN 200995493 Y, 2007.12.26, 全文.

CN 1645033 A, 2005.07.27, 全文.

CN 201107050 Y, 2008.08.27, 全文.

晓新. 超精密加工技术的应用和现状. 新技术新工艺 1989 年第 1 期. 1989, (1989 年第 1

期), 4-5.

潘晋, 等. 精密工作台自吸式空气支承的研究. 机床与液压 1992 年第 3 期. 1992, (1992 年第 3 期), 129-133.

陈继忠, 等. 新型小尺寸直线度测量仪的研究. 机械工艺师 2000 年第 10 期. 2000, (2000 年第 10 期), 42-43.

审查员 徐丹

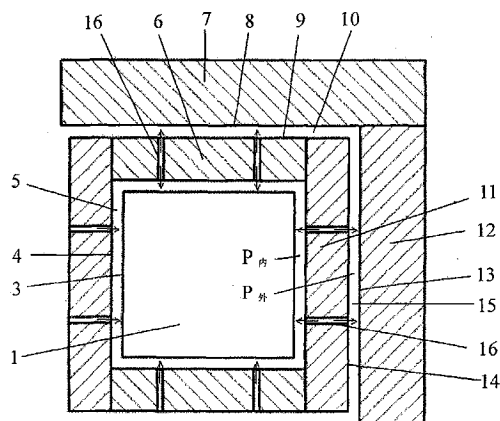
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 1 页

(54) 发明名称

基于外扶式气 / 气两相复合的立式直线基准方法与装置

(57) 摘要

基于外扶式气 / 气两相复合的立式直线基准方法与装置属于精密仪器与测量技术领域;是在气浮导套的外部相邻两侧面处沿 X 向和 Y 向分别构建与主工作气膜支承方向相反的两个辅助气膜,并与主工作气膜共同作用于导向气浮板两侧;导向气浮板工作面与内侧主气浮导轨和外侧辅助导轨工作面分别形成正向和负向工作气膜,两气膜工作压力分别为  $P_{内}$  和  $P_{外}$ ,且  $P_{内} > P_{外}$ ;导向气浮板在双向工作气膜的复合作用下工作;其装置是在气浮导套的外部设有辅助导轨 A 和辅助导轨 B,且在气浮导套上还设有同时面向主气浮导轨、辅助导轨 A 和辅助导轨 B 的节流结构;本发明建立了一种刚度高、抗扰动能力强、工作稳定性好等优势兼顾的立式直线基准。



1. 一种基于外扶式气 / 气两相复合的立式直线基准方法, 其特征在于该方法是在气浮导套的外部相邻两侧面处沿 X 向和 Y 向分别构建与主工作气膜支承方向相反的两个辅助气膜, 并与主工作气膜共同作用于导向气浮板两侧; 导向气浮板工作面与内侧主气浮导轨和外侧辅助导轨工作面分别形成正向和负向工作气膜, 两气膜工作压力分别为  $P_{\text{内}}$  和  $P_{\text{外}}$ , 且  $P_{\text{内}} > P_{\text{外}}$ ; 导向气浮板在双向工作气膜的复合作用下工作。

2. 一种基于外扶式气 / 气两相复合的立式直线基准装置, 包括主气浮导轨 (1) 和气浮导套 (2), 气浮导套 (2) 由两块导向气浮板 A(6) 和两块导向气浮板 B(11) 配装而成, 且导向气浮板 A(6) 与导向气浮板 B(11) 相邻布置, 主气浮导轨工作面 (3) 和气浮导套内侧工作面 (4) 形成正向主工作气膜 (5), 且气膜工作压力为  $P_{\text{内}}$ , 其特征在于在气浮导套 (2) 的外部设有与导向气浮板 A(6) 相平行的辅助导轨 A(7), 辅助导轨 A 工作面 (8) 和导向气浮板 A 外侧工作面 (9) 形成负向工作气膜 A(10); 还设有与导向气浮板 B(11) 相平行的辅助导轨 B(12), 辅助导轨 B 工作面 (13) 和导向气浮板 B 外侧工作面 (14) 形成负向工作气膜 B(15); 负向工作气膜 A(10) 和负向工作气膜 B(15) 的气膜工作压力为  $P_{\text{外}}$ , 且  $P_{\text{内}} > P_{\text{外}}$ ; 气浮导套 (2) 上还设有同时面向主气浮导轨 (1)、辅助导轨 A(7) 和辅助导轨 B(12) 的节流结构 (16)。

## 基于外扶式气 / 气两相复合的立式直线基准方法与装置

### 技术领域

[0001] 本发明属于精密仪器与测量技术领域,特别涉及一种基于外扶式气 / 气两相复合的立式直线基准方法与装置。

### 背景技术

[0002] 立式直线基准作为精密 / 超精密测量仪器与制造装备中的核心技术,其制造水平直接关系到仪器装备的最终使用性能。如高精度光学检测仪器、精密 / 超精密光机电一体化装备、以及精密 / 超精密机床等先进装备制造领域中,都对其中所使用的立式直线基准提出了越来越高的要求,即要求所使用的立式直线基准不但要有高的导向精度,同时还要具有高的支承刚度、较强的抗扰动能力和良好的工作稳定性。

[0003] 目前高精度立式直线基准通常用立式气浮导轨来实现,常用的气浮导轨结构主要由气浮导套和导轨立柱两部分组成,当在气浮导套和导轨立柱之间构建气膜以形成气体支承和润滑后,气浮导套可带动负载沿导轨立柱上下运动,虽然通过合理的结构设计通常情况下可实现较高的直线运动导向精度,但该结构形式的立式气浮导轨使用中仍存在着下述问题:气浮导套及其负载构成的运动系统在封闭气膜压力的作用下处于准平衡状态,在径向上(X向和Y向)支承刚度较低,运动系统极易受到外部扰动的影响,系统的工作稳定性较差。

[0004] 为改善立式气浮导轨的使用性能,国内外学者和工程技术人员做了很多有益尝试,分别研制出被动补偿式膜压导轨、主动内部节流空气静压导轨、表面节流空气静压导轨、静压控制节流器空气静压导轨、电控节流空气静压导轨、排气控制空气静压导轨等新型空气静压导轨。这些导轨都是在结构上采取一些控制措施,以获得较高刚度或可控刚度,但它们的结构很复杂,控制和调节比较繁琐,效果也不明显。

[0005] 国防科技大学提出一种采用多孔质节流的新型空气静压导轨,其基本原理为利用多孔质材料的微结构进行节流,同时在导轨表面设置与多孔质节流器相连通的浅沟槽,利用沟槽的阻抗形成二次节流,可达到提高空气导轨刚度和承载能力的目的,但多孔质轴承制造比较复杂,且容易阻塞。

[0006] 此外,从理论上讲也可采用减小节流孔径或减小气膜厚度的方法来提高气浮导轨的刚度和稳定性,但由于受目前工艺水平的制约,当节流孔径和气膜厚度过小时又会导致加工和装配极为困难。

### 发明内容

[0007] 本发明的目的就是针对上述已有技术存在的问题,提出一种基于外扶式气 / 气两相复合的立式直线基准方法,通过构建与主工作气膜支承方向相反的辅助气膜,并与主工作气膜共同作用于导向气浮板两侧,使导向气浮板在双向工作气膜的复合作用下工作,以达到建立一种刚度高、抗扰动能力强、工作稳定性好等优势兼顾的立式直线基准的目的;本发明还提供了一种基于上述方法的外扶式气 / 气两相复合的立式直线基准装置。

[0008] 上述目的通过以下的技术方案实现：

[0009] 一种基于外扶式气 / 气两相复合的立式直线基准方法，是在气浮导套的外部相邻两侧面处沿 X 向和 Y 向分别构建与主工作气膜支承方向相反的两个辅助气膜，并与主工作气膜共同作用于导向气浮板两侧；导向气浮板工作面与内侧主气浮导轨和外侧辅助导轨工作面分别形成正向和负向工作气膜，两气膜工作压力分别为  $P_{内}$  和  $P_{外}$ ，且  $P_{内} > P_{外}$ ；导向气浮板在双向工作气膜的复合作用下工作。

[0010] 一种基于外扶式气 / 气两相复合的立式直线基准装置，包括主气浮导轨和气浮导套，主气浮导轨工作面和气浮导套内侧工作面形成正向主工作气膜，且气膜工作压力为  $P_{内}$ ，其特征在于在气浮导套的外部设有与导向气浮板 A 相平行的辅助导轨 A，辅助导轨 A 工作面与导向气浮板 A 外侧工作面形成负向工作气膜 A；还设有与导向气浮板 B 相平行的辅助导轨 B，辅助导轨 B 工作面与导向气浮板 B 外侧工作面形成负向工作气膜 B；负向工作气膜 A 和负向工作气膜 B 的气膜工作压力为  $P_{外}$ ，且  $P_{内} > P_{外}$ ；气浮导套上还设有同时面向主气浮导轨、辅助导轨 A 和辅助导轨 B 的节流结构。

[0011] 本发明具有以下特点及有益效果：

[0012] 1、本发明通过构建与主工作气膜支承方向相反的辅助气膜，并与主工作气膜共同作用于导向气浮板两侧，使导向气浮板在双向工作气膜的复合作用下工作，明显提升导轨的径向支承刚度，这是区别于现有技术的创新点之一；

[0013] 2、本发明通过对主工作气膜正向压力  $P_{内}$  和辅助气膜负向压力  $P_{外}$  进行合理设计，并确保  $P_{内} > P_{外}$ ，可解决现有气浮导轨处于准平衡状态下易受扰动的问题，可显著增强导轨的抗干扰能力和工作稳定性，这是区别于现有技术的创新点之二；

[0014] 3、因气体润滑具有极好的误差平均效应，因此辅助气膜的加入对主气浮导轨的导向精度基本没有影响或影响极小，仍能保留主气浮导轨导向精度高的优势；且本发明装置中辅助导轨结构简单，工艺性好，避免了现有方法结构复杂、加工和装配困难等问题，这是区别于现有技术的创新点之三。

## 附图说明

[0015] 图 1 为基于外扶式气 / 气两相复合的立式直线基准装置三维结构示意图；

[0016] 图 2 为图 1 中 A-A 向剖面图。

[0017] 图中：1、主气浮导轨；2、气浮导套；3、主气浮导轨工作面；4、气浮导套内侧工作面；5、正向主工作气膜；6、导向气浮板 A；7、辅助导轨 A；8、辅助导轨 A 工作面；9、导向气浮板 A 外侧工作面；10、负向工作气膜 A；11、导向气浮板 B；12、辅助导轨 B；13、辅助导轨 B 工作面；14、导向气浮板 B 外侧工作面；15、负向工作气膜 B；16、节流结构。

## 具体实施方式

[0018] 下面结合附图对本发明的实施例作详细说明。

[0019] 如图 1 所示，主气浮导轨 1 固定于稳定的基体上，气浮导套 2 和主气浮导轨 1 经过精密装配构成直线运动的主基准，其中气浮导套 2 由导向气浮板 A 和导向气浮板 B 等四块导向气浮板配装而成。如图 2 所示，主气浮导轨工作面 3 和气浮导套内侧工作面 4 形成封闭的正向主工作气膜 5，且气膜工作压力为  $P_{内}$ 。在正向主工作气膜 5 的支承下，气浮导套

2 平衡受力,处于准平衡状态,且在电机等驱动系统的作用下可带动负载沿主气浮导轨 1 上下运动。由于气体润滑几乎没有摩擦,且具有极好的误差平均效应,因此对气浮导套内侧工作面 4 及主气浮导轨工作面 3 进行超精密研磨,使气浮工作面达到深亚微米级形状精度和位置精度,同时达到十几纳米级表面粗糙度,使气浮表面具有极高的气体平均效应和抗腐蚀性,实现高的导向精度。

[0020] 为避免气浮导套 2 及其负载易受外部扰动的影响,采取在径向上外加辅助气体支承的方法提高导轨的刚度和工作稳定性。如图 2 所示,在气浮导套 2 的外部设有与导向气浮板 A 6 相平行的辅助导轨 A 7,辅助导轨 A 工作面 8 和导向气浮板 A 外侧工作面 9 形成负向工作气膜 A 10;此外还设有与导向气浮板 B 11 相平行的辅助导轨 B 12,辅助导轨 B 工作面 13 和导向气浮板 B 外侧工作面 14 形成负向工作气膜 B 15;负向工作气膜 A 10 和负向工作气膜 B 15 的气膜工作压力为  $P_{外}$ ,且有  $P_{内} > P_{外}$ ;气浮导套 2 上还设有同时面向主气浮导轨 1、辅助导轨 A 7 和辅助导轨 B 12 的节流结构 16。

[0021] 外扶式气/气两相复合的立式直线基准装置工作原理为:通过构建与正向主工作气膜 5 支承方向相反的负向工作气膜 A 10 和负向工作气膜 B15,并与正向主工作气膜 5 共同作用于导向气浮板 A 6 和导向气浮板 B 11 两侧,因正向主工作气膜 5 工作压力  $P_{内}$  大于两负向工作气膜压力  $P_{外}$ ,可保证直线运动精度不受影响或影响很小;导向气浮板 A 6 和导向气浮板 B11 在双向工作气膜的复合作用下工作,使气浮导套 2 及置于其上的负载在 X 向和 Y 向上受到预紧作用力,避免了气浮导套 2 在正向主工作气膜 5 作用下的准平衡状态,提高了气膜刚性,使导轨抗扰动能力明显增强,工作稳定性显著提高。

[0022] 辅助导轨 A 7 和辅助导轨 B 12 的高度根据气浮导套 2 的运动范围确定;负向工作气膜压力  $P_{外}$  的大小可通过调整负向工作气膜 A 10 和负向工作气膜 B 15 的厚度及供气压力加以实现;同时为保证辅助导轨 A 7 和辅助导轨 B 12 的结构稳定性,其制造材料的选择也十分重要,选择材料时主要考虑材料稳定性、防腐性、热膨胀、机械加工性能以及高的耐磨性。因此,本装置选择经过自然世界上万年老化沉积、应力释放完全的“济南青”花岗岩,可获得极佳的几何稳定性,也可选择材料稳定性能优异的特殊合金制造。

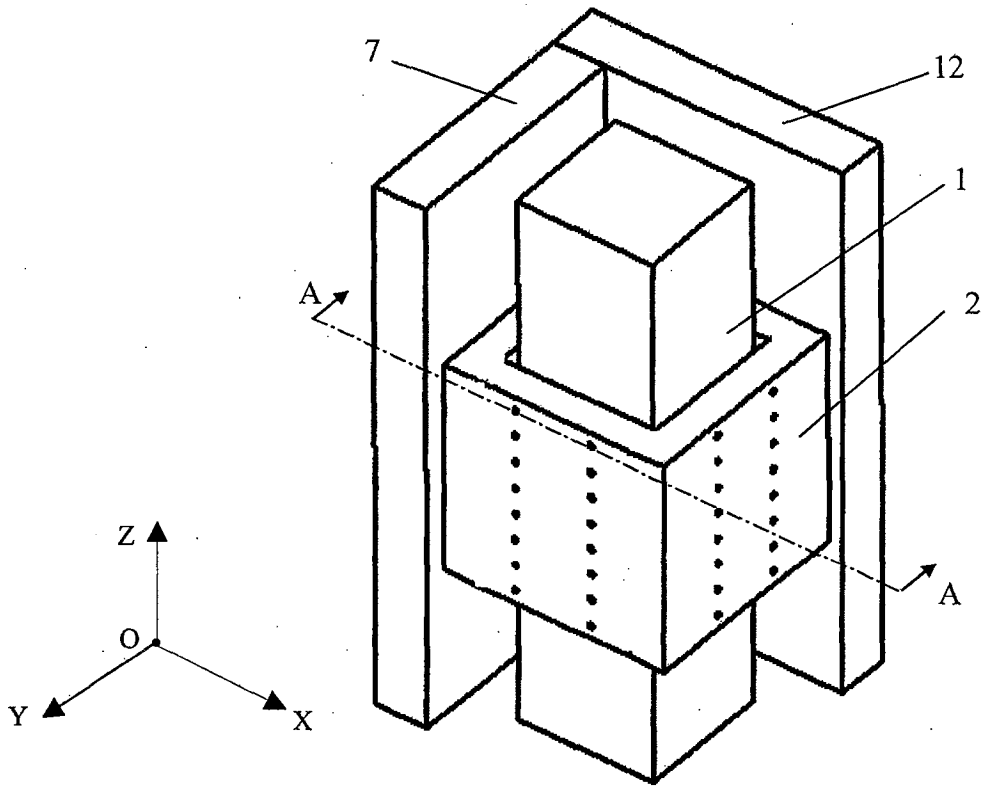


图 1

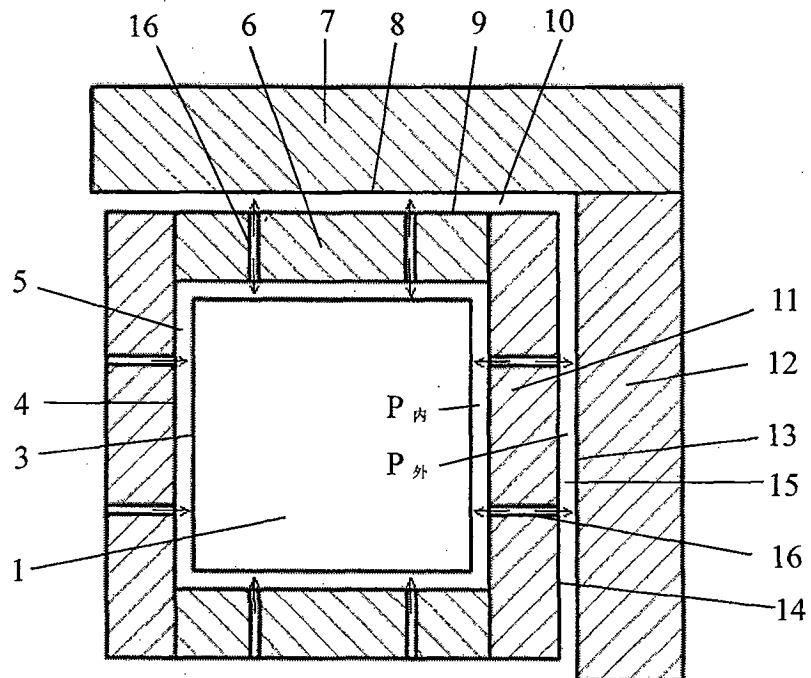


图 2