

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2019 年 1 月 31 日 (31.01.2019)



(10) 国际公布号
WO 2019/019246 A1

(51) 国际专利分类号:
G01M 9/06 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2017/099364

(22) 国际申请日: 2017 年 8 月 28 日 (28.08.2017)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201710629924.1 2017 年 7 月 28 日 (28.07.2017) CN

(71) 申请人: 大连理工大学 (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学专利中心, Liaoning 116024 (CN)。

(72) 发明人: 许福友(XU, Fuyou); 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学专利中心, Liaoning 116024 (CN)。 曾冬雷(ZENG, Donglei); 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学专利中心, Liaoning 116024 (CN)。 杨晶(YANG, Jin); 中

国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学专利中心, Liaoning 116024 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,

(54) Title: LARGE VIBRATION AMPLITUDE, VERTICALLY-FREE, AND TORSIONAL-COUPLED VIBRATING WIND TUNNEL TEST APPARATUS

(54) 发明名称: 一种大振幅自由竖向和扭转耦合振动风洞试验装置

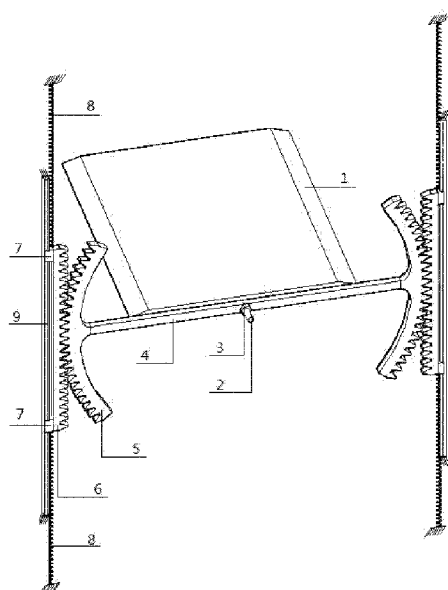


图 1

(57) Abstract: A large vibration amplitude, vertically-free, and torsional-coupled vibrating wind tunnel test apparatus, related to the technical field of freely vertically bending and torsional-coupled vibrating wind tunnel test apparatus. Gear blocks (5) are fixedly joined to either extremity of a transverse beam (4). Threaded rods (2) fixedly joined to either extremity of a model (1), the transverse beam (4), and the gear blocks (5) make vertical bends and torsional-coupled vibrations along with the model (1), thus driving gear racks (6) meshed therewith and sliding blocks (7) securing the gear racks (6) to reciprocatingly translate vertically along guiderails (9) fixed to the ground. Vertical springs (8) correspondingly connected to the sliding blocks (7) provide a model (1) suspending system with torsional and vertical stiffness. The springs (8) only stretch and distend linearly in the vertical direction and do not tilt laterally, thus ensuring vertical linear torsional and vertical bending stiffness for the model (1) and effective restriction of lateral freedom. The apparatus implements large amplitude, vertically-free bending and torsional-coupled vibrations of the model (1), and the springs (8) only stretch and distend in the vertical direction and do not tilt laterally, thus eliminating the problem of a conventional freely vibrating test apparatus in which the springs (8) produce marked tilting and linear torsional stiffness cannot be ensured, thereby restricting the model (1) from vibrating laterally.



RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种大振幅自由竖向和扭转耦合振动风洞试验装置, 属于自由竖弯和扭转耦合振动的风洞试验装置技术领域。齿块(5)固结在横梁(4)两端, 固结在模型(1)两端的螺杆(2)和横梁(4)及齿块(5)随模型(1)做竖弯和扭转耦合振动, 带动与其啮合的齿板(6)及固定齿板(6)的滑块(7)沿固定在地面上的导轨(9)做上下往复平动, 连接在滑块(7)上的竖向弹簧(8)为模型(1)悬挂系统提供扭转和竖向刚度, 弹簧(8)只有竖向线性拉伸变形, 而不发生侧向倾斜, 保证模型(1)的竖向线性扭转和竖弯刚度, 侧向自由度被有效约束。该装置可实现模型(1)大幅自由竖弯和扭转耦合振动, 弹簧(8)只有竖向伸缩变形而不发生侧向倾斜, 不存在传统自由振动试验装置中弹簧(8)发生明显倾斜而无法保证线性扭转刚度的问题, 且约束了模型(1)不会发生侧向振动。

一种大振幅自由竖向和扭转耦合振动风洞试验装置

技术领域

[0001] 本发明属于一种可以实现大振幅的、保证线性扭转和竖向刚度线性的自由竖向和扭转耦合振动风洞试验装置，具体涉及到通过将相互啮合的齿块与齿板传动，将模型的大振幅自由竖向和扭转耦合振动转化为竖向线性弹簧的自由伸缩平动，利用弹簧线性拉伸刚度实现模型的线性扭转和竖向刚度。

背景技术

[0002] 自由竖向和扭转耦合振动法是桥梁风洞试验测振的一种主要方法，也是风洞试验颤振导数识别的一种重要方法，自由耦合振动识别颤振导数的方法省时，且在振动过程中不必保证各振动模态刚度和频率相同。传统自由耦合振动试验装置采用弹簧悬挂主梁节段模型，优点在于装置简单，实现方便。对于小振幅弯扭耦合振动，当弹簧的竖向倾斜较小时，在弹簧振动过程中可以近似看作仅有竖向变形，弹簧近似满足线性几何刚度条件。但当自由竖向和扭转耦合振动中扭转振幅较大时，弹簧发生明显倾斜，弹簧几何刚度不满足线性条件，因此耦合振动系统的扭转和竖向刚度不再保持常数，而是与振幅相关，因此对后续试验结果造成误差。自由竖向和扭转耦合振动振幅越大，弹簧倾斜越大，试验误差也越大。一般认为当扭转振幅在 3° 之内时，误差基本可以忽略。但对于研究大振幅的自由扭转振动情况，如塔科马旧桥风毁时，扭转振幅达到惊人的 35° ，采用传统自由竖向和扭转耦合振动试验装置根本无法模拟。

技术问题

[0003] 本发明要解决的技术问题是针对风洞试验中桥梁及其他结构构件节段模型大振幅自由竖向和扭转耦合振动的需要，提供一种可以有效避免试验过程中非线性因素，保证大振幅线性自由竖向和扭转耦合振动试验装置。自由竖向和扭转耦合振动风洞试验装置包括模型、螺杆、螺母、横梁、齿块、齿板、滑块、线性弹簧和导轨。

问题的解决方案

技术解决方案

[0004] 一种大振幅自由竖向和扭转耦合振动风洞试验装置，所述的大振幅自由竖向和扭转耦合振动风洞试验装置包括模型1、螺杆2、螺母3、横梁4、齿块5、齿板6、滑块7、弹簧8和导轨9；模型1两端固结有螺杆(2)；螺杆2穿过横梁4并用螺母3固定，并保证模型1扭转中心与螺杆2、横梁4同心；横梁4两端固结有齿块5；位于齿块5两侧，安装固定有弹簧8；弹簧(8)连接在导轨9上，导轨9上连接有自由滑动的滑块7，齿板6固定在滑块7上，齿板6与齿块5啮合，模型1和齿块5同步做竖向和扭转耦合振动，带动齿板6及安装在导轨9上的滑块7，在弹簧8约束下做上下竖直运动，弹簧8在伸缩过程中只产生竖向变形而不发生倾斜。所述的齿块5和齿板6根据模型1的扭转、竖向振动振幅和扭转、竖向平动刚度要求，确定齿块5弧长、齿距和齿板6长度。

发明的有益效果

有益效果

[0005] 本发明的有益效果：将大幅的竖向和扭转耦合振动转化为竖向平动，线性弹簧只产生竖向伸缩变形而不发生倾斜，满足几何刚度线性条件，振动过程中弹簧的拉伸刚度和力臂均不变，因此系统的扭转和竖弯刚度与振动频率在整个振动过程中都保持不变，避免了传统方法试验过程中弹簧倾斜引起的几何非线性和非线性扭转和竖弯刚度问题。另外，也约束了侧向自由度，不必像传统方法通过张拉钢丝办法来约束自由度，而且效果更好。

对附图的简要说明

附图说明

[0006] 图1是自由弯扭耦合振动风洞试验装置的构造图。

[0007] 图中：1模型；2螺杆；3螺母；4横梁；5齿块；6齿板；7滑块；8弹簧；9导轨。

发明实施例

本发明的实施方式

[0008] 以下结合技术方案和附图详细叙述本发明的具体实施方式。

[0009] 如图1所示, 大幅自由弯扭耦合振动装置由模型1、螺杆2、螺母3、横梁4、齿块5、齿板6、滑块7、弹簧8和导轨9组成。模型1与螺杆2、横梁4(横梁4与齿块5固结)用螺母3固结形成整体, 并保证同心。齿块5在随模型1做大振幅自由竖向和扭转耦合振动过程中, 带动齿板6做竖向运动, 与齿板6固结的滑块7在导轨9上也随之做竖向运动, 滑块上的线性刚度弹簧产生竖向伸缩变形而不会倾斜, 弹簧竖向刚度提供系统的扭转和竖弯刚度。因此, 该装置可以保证模型避免传统装置中大振幅振动过程中, 弹簧几何刚度非线性和系统扭转和竖弯刚度非线性问题, 而且可以有效约束侧向振动的发生。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种大振幅自由竖向和扭转耦合振动风洞试验装置，其特征在于，所述的大振幅自由竖向和扭转耦合振动风洞试验装置包括模型(1)、螺杆(2)、螺母(3)、横梁(4)、齿块(5)、齿板(6)、滑块(7)、弹簧(8)和导轨(9)；模型(1)两端固结有螺杆(2)；螺杆(2)穿过横梁(4)并用螺母(3)固定，并保证模型(1)扭转中心与螺杆(2)、横梁(4)同心；横梁(4)两端固结有齿块(5)；位于齿块(5)两侧，安装固定有弹簧(8)；弹簧(8)连接在导轨(9)上，导轨(9)上连接有自由滑动的滑块(7)，齿板(6)固定在滑块(7)上，齿板(6)与齿块(5)啮合，模型(1)和齿块(5)同步做竖向和扭转耦合振动，带动齿板(6)及安装在导轨(9)上的滑块(7)，在弹簧(8)约束下做上下竖直运动，弹簧(8)在伸缩过程中只产生竖向变形而不发生倾斜。
- 2.根据权利要求1所述的大振幅自由竖向和扭转耦合振动风洞试验装置，其特征在于，所述的齿块(5)和齿板(6)根据模型(1)的扭转、竖向振动振幅和扭转、竖向平动刚度要求，确定齿块(5)弧长、齿距和齿板(6)长度。

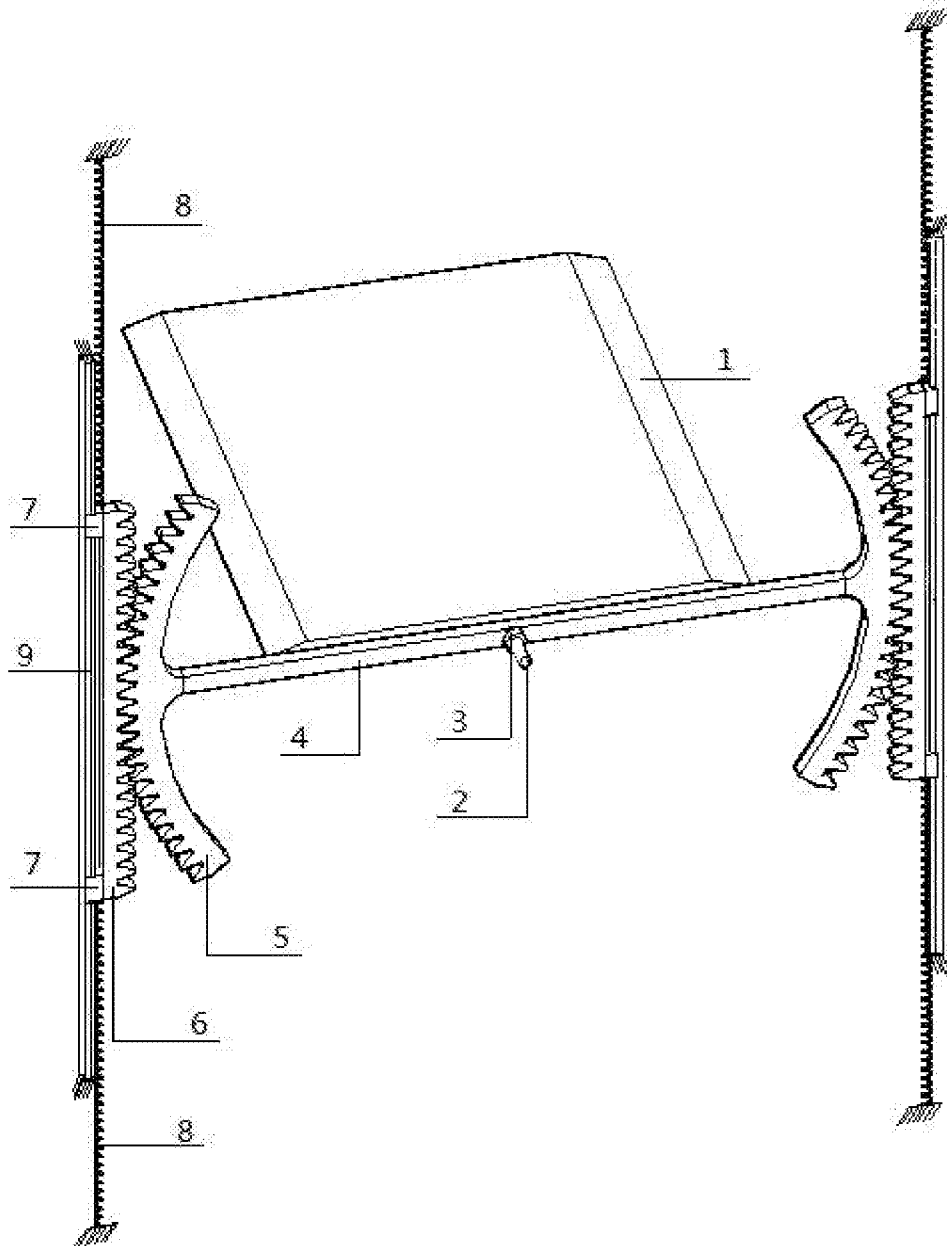


图 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/099364

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01M 9/06 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01M 9; G01M 7

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS; CNKI; CNTXT; VEN; DWPI; SIPOABS: 风洞, 振幅, 振动, 震动, 桥梁, 齿, 扭转, 耦合, 滑块, 导轨, twist, wind tunnel, bridge, gear, oscillation, vibration, amplitude

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102175418 A (HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 07 September 2011 (07.09.2011), description, paragraphs [0006]-[0034], and figures 1-11	1, 2
A	CN 101419117 A (BEIHANG UNIVERSITY) 29 April 2009 (29.04.2009), entire document	1, 2
A	JP 09210839 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD.) 15 August 1997 (15.08.1997), entire document	1, 2
A	JP 2002082014 A (KITAKIYUUSHIYUU TECHNO CT K.K.) 22 March 2002 (22.03.2002), entire document	1, 2

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 22 October 2017	Date of mailing of the international search report 02 November 2017
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer WEI, Xiaowei Telephone No. (86-10) 62089508

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/099364

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 102175418 A	07 September 2011	CN 102175418 B	10 April 2013
CN 101419117 A	29 April 2009	CN 101419117 B	09 June 2010
JP 09210839 A	15 August 1997	JP 3358929 B2	24 December 2002
		JP H09210839 A	15 August 1997
JP 2002082014 A	22 March 2002	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/099364

A. 主题的分类

G01M 9/06(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G01M9; G01M7

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS;CNKI;CNTXT;VEN;DWPI;SIPOABS:风洞, 振幅, 振动, 震动, 桥梁, 齿, 扭转, 耦合, 滑块, 导轨, twist, wind tunnel, bridge, gear, oscillation, vibration, amplitude

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 102175418 A (哈尔滨工业大学) 2011年 9月 7日 (2011 - 09 - 07) 说明书第6-34段, 图1-11	1-2
A	CN 101419117 A (北京航空航天大学) 2009年 4月 29日 (2009 - 04 - 29) 全文	1-2
A	JP 09210839 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 1997年 8月 15日 (1997 - 08 - 15) 全文	1-2
A	JP 2002082014 A (KITAKIYUUSHIYUU TECHNO CT KK) 2002年 3月 22日 (2002 - 03 - 22) 全文	1-2

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2017年 10月 22日

国际检索报告邮寄日期

2017年 11月 2日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

受权官员

魏晓薇

传真号 (86-10)62019451

电话号码 (86-10)62089508

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/099364

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	102175418	A	2011年 9月 7日	CN	102175418	B	2013年 4月 10日
CN	101419117	A	2009年 4月 29日	CN	101419117	B	2010年 6月 9日
JP	09210839	A	1997年 8月 15日	JP	3358929	B2	2002年 12月 24日
				JP	H09210839	A	1997年 8月 15日
JP	2002082014	A	2002年 3月 22日	无			

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)