



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 110237493 B

(45)授权公告日 2020.04.07

(21)申请号 201910534361.7

(22)申请日 2019.06.20

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110237493 A

(43)申请公布日 2019.09.17

(73)专利权人 浙江大学  
地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路  
38号

(72)发明人 刘涛 李炯其 成潇威 袁梓骏

(74)专利代理机构 杭州之江专利事务所(普通  
合伙) 33216

代理人 牛世静

(51)Int.Cl.

A63B 22/06(2006.01)

A63B 24/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 205903572 U,2017.01.25,说明书第  
【0007】-【0018】段、附图1-3.

CN 205903572 U,2017.01.25,说明书第  
【0007】-【0018】段、附图1-3.

CN 101259322 A,2008.09.10,说明书第3页  
第2段-第3页第3段、附图1-8.

US 4743012 A,1988.05.10,全文.

CN 1611279 A,2005.05.04,全文.

审查员 袁彬

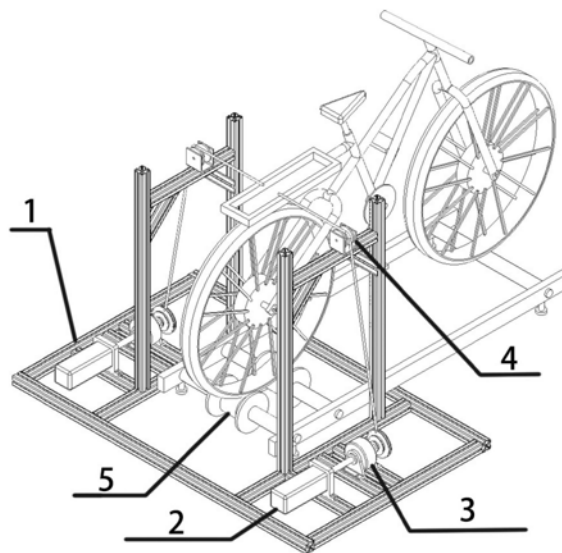
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

一种具有自行车姿态控制功能的骑行模拟  
平台

(57)摘要

本发明公开了一种具有自行车姿态控制功能的骑行模拟平台,包括用于支撑自行车的机架,还包括:电动机;施力于自行车的传动件;设置在电动机与传动件之间,用于控制传动件所受驱动力度大小的离合器;用于检测自行车运行参数的传感器;微处理器,接收所述传感器的检测信号,并对其进行计算,将计算得到的结果输出;离合器控制系统,用于接收所述微处理器的计算结果,根据该结果对所述离合器进行实时控制。本发明提供的具有自行车姿态控制功能的骑行模拟平台,能够通过传感器信息接入虚拟现实系统进行真实性更强的骑行模拟;能够进行神经系统受损病人的平衡机能康复;能够训练骑行初学者直至专业运动员的平衡能力,使用范围、前景广泛。



1. 一种具有自行车姿态控制功能的骑行模拟平台,包括用于支撑自行车的机架,其特征在于,还包括:

电动机;

施力于自行车的传动件;

设置在电动机与传动件之间,用于控制传动件所受驱动力度大小的离合器;

用于检测自行车运行参数的传感器;

微处理器,接收所述传感器的检测信号,并对其进行计算,将计算得到的结果输出;

离合器控制系统,用于接收所述微处理器的计算结果,根据该结果对所述离合器进行实时控制;

所述传动件为柔性传动件。

2. 根据权利要求1所述的具有自行车姿态控制功能的骑行模拟平台,其特征在于,所述传感器包括分别用于实时监测前轮转角和后轮速度的前轮转角传感器、后轮速度传感器;所述微处理器分别接收所述前轮转角传感器、后轮速度传感器的前轮转角信息和后轮速度信息,得到人-自行车系统理论转弯惯性力值,并输出至离合器控制系统。

3. 根据权利要求2所述的具有自行车姿态控制功能的骑行模拟平台,其特征在于,所述前轮转角传感器为导电塑料电位器。

4. 根据权利要求2所述的具有自行车姿态控制功能的骑行模拟平台,其特征在于,所述后轮速度传感器采用霍尔传感器进行转速测量;且在所述自行车的车轮辐条上等角度安装若干可被霍尔传感器检测到的磁性元件。

5. 根据权利要求1所述的具有自行车姿态控制功能的骑行模拟平台,其特征在于,所述电动机为转速为150~300转的减速电机。

6. 根据权利要求1所述的具有自行车姿态控制功能的骑行模拟平台,其特征在于,所述电动机、传动件和离合器分别对称设置在自行车两侧。

7. 根据权利要求1或6所述的具有自行车姿态控制功能的骑行模拟平台,其特征在于,所述离合器的输出力矩通过一设置在机架上的带轮传力于所述传动件,该传动件另一端穿过设置在机架上的定滑轮后与所述自行车对应侧固定。

8. 根据权利要求7所述的具有自行车姿态控制功能的骑行模拟平台,其特征在于,所述传动件另一端与自行车后部的货架两侧固定,所述滑轮固定高度与所述货架高度相当。

9. 根据权利要求1所述的具有自行车姿态控制功能的骑行模拟平台,其特征在于,同时利用所述的微处理器进行前馈控制,调节使用者模拟转弯时的动态惯性力加载曲线。

## 一种具有自行车姿态控制功能的骑行模拟平台

### 技术领域

[0001] 本专利涉及一种骑行模拟系统,具体为一种具有自行车姿态控制功能的骑行模拟平台。

### 背景技术

[0002] 骑行是一项锻炼人体腿部、腰部、手部等多部位肌肉及身体平衡功能的有氧运动。但受交通、气候、环境等因素影响,如雨天、重度空气污染等情况下,室外骑行并不适合,因此需要一种能够在室内进行骑行模拟的平台。

[0003] 室内骑行模拟平台有诸多优点。除能够解决上述影响外,还可对神经系统疾病患者进行平衡康复训练、对专业骑行运动员进行系统训练、接入虚拟现实系统实现仿真骑行等,并尽可能地避免室外骑行意外因素导致的骑行者受伤。

[0004] 目前市场上的骑行平台多数称为“动感单车”,只能进行脚踏运动而没有方向转动,仅具有训练腿部肌肉的功能,没有锻炼人体平衡能力的功能,骑行体验不够真实。其体验不够真实的实质原因在于缺乏自行车转向与平衡的仿真。

[0005] 中国专利申请号为201610591225.8的专利文献所提出的一种仿真自行车式平衡协调功能障碍康复训练装置,通过步进电机和滚珠丝杆驱动俯仰、横滚两轴的转动仿真骑行的姿态变化,进而训练康复者的平衡感知能力。该装置对于转向姿态起到一定程度的仿真。但由于采用的传动均为刚性传动,人体坐在自行车上承受的是被动的俯仰翻滚,而不是依靠人体平衡机能对自行车进行主动的平衡,不锻炼人体的主动平衡能力,骑行仿真程度还有待提高。

### 发明内容

[0006] 针对现有产品、发明存在的不足,本发明提出一种具有自行车姿态控制功能的骑行模拟平台。该平台不采用刚性传动系统,而是采用柔性传力系统,通过对自行车施加一定的侧向力模拟转向受到的惯性力,使用者通过主动调节其自身姿态,使人一行车系统到达新的平衡状态,从而自然地形成转弯时的车身倾角。通过微处理器检测自行车前轮的转角和车轮转速,动态地将对应力传至自行车身,实时地模拟骑行状态。

[0007] 一种具有自行车姿态控制功能的骑行模拟平台,包括用于支撑自行车的机架,还包括:

[0008] 电动机;

[0009] 施力于自行车的传动件;

[0010] 设置在电动机与传动件之间,用于控制传动件所受驱动力度大小的离合器;

[0011] 用于检测自行车运行参数的传感器;

[0012] 微处理器,接收所述传感器的检测信号,并对其进行计算,将计算得到的结果输出;

[0013] 离合器控制系统,用于接收所述微处理器的计算结果,根据该结果对所述离合

器进行实时控制。

[0014] 作为优选,所述传感器包括分别用于实时监测前轮转角和后轮速度的前轮转角传感器、后轮速度传感器;所述微处理器分别接收所述前轮转角传感器、后轮速度传感器的前轮转角信息和后轮速度信息,得到人-自行车系统理论转弯惯性力值,并输出至离合器控制系统。

[0015] 作为优选,所述传动件为柔性传动件。比如可以采用尼龙绳。

[0016] 作为优选,所述电动机为转速为150~300转的减速电机。

[0017] 本发明的具有自行车姿态控制功能的骑行模拟平台,主要包括机架、传力系统、传感器、微处理器,本发明中该平台为欠驱动系统,自行车的姿态调整不依赖于刚性的传动机构,由使用者进行自主调节。传力系统核心部件为电动机、离合器和离合器控制系统。电动机输出转矩作用于离合器的输入端,以离合器控制系统控制离合器的输出转矩,并通过柔性传力机构将力传至自行车车身,产生侧向力。使用者通过其自身身体平衡机能使自行车达到新的平衡状态。

[0018] 所述的骑行模拟平台的一种典型结构,具有如下特点:电动机、离合器位于自行车两端对称布置,离合器输出力矩通过带轮及固定于带轮上的柔性传动件(优选为尼龙绳)进行传力,柔性传动件绕过定滑轮后其末端固定于自行车上的较高位置,如货架上端。如固定位置过低,会导致作用于后轮与地面接触点的横向力增大,降低系统的稳定性。如采用钢丝绳传动,由于绳上作用弯矩,易导致传动精度下降。该典型结构中采用的电动机为减速电机,转速为150~300转。电机转速过高,作用在离合器上的摩擦功过大,消耗过多能量,使电机功率要求上升,且离合器易过热;电机转速过低,经过离合器的输出最大转速过低,系统的动态性能达不到要求。

[0019] 本发明通过前轮转角传感器、后轮速度传感器实现对后轮速度以及前轮转角的检测,并将检测信号输出。微处理器通过实时监测前轮转角和后轮速度,经过计算得到人-自行车系统理论转弯惯性力值,并输出至离合器控制系统(优选为张力控制器),通过张力控制器控制离合器进行加力,从而模拟自行车骑行时受到的转弯惯性力。使用者体重可作为输入参数调节惯性力的加力大小。

[0020] 作为优选,所述前轮转角传感器使用精密导电塑料电位器,安装时,可将其轴固定于前叉上管底部,电位器外壳固定于自行车车架上。

[0021] 作为优选,所述后轮速度传感器可以采用霍尔传感器进行转速测量。安装时,可以选择车轮辐条上等角度安装一些可被霍尔传感器检测到的磁性元件,每两个元件之间的角度恒定,当磁性元件经过霍尔传感器检测范围时,获得一个脉冲信号并计数,通过计数检测,可以实现对后轮转速的检测。

[0022] 作为优选,本发明的微处理器可以是单片机、计算机或者其他形式的集成控制板,能够实现信号的接收和计算,并将计算结果传输给离合器控制系统。

[0023] 作为优选,所述离合器可以是磁粉离合器,对应磁粉离合器的电气控制系统(张力控制器)也可以是机械摩擦式离合器,对应机械的离合器控制系统(如使用伺服电机控制拉线式控制系统)。

[0024] 作为优选,所述离合器的输出力矩通过一设置在机架上的带轮传力于所述传动件,该传动件另一端穿过设置在机架上的定滑轮后与所述自行车对应侧固定。作为进一步

优选,所述传动件另一端与自行车后部的货架两侧固定,所述滑轮固定高度与所述货架高度相当。

[0025] 作为优选,所述电动机、传动件和离合器分别对称设置在自行车两侧。电动机、离合器位于自行车两端对称布置,离合器输出力矩通过带轮及固定于带轮上的尼龙绳进行传力,尼龙绳绕过定滑轮后其末端固定于自行车上的较高位置,如货架上端。如固定位置过低,会导致作用于后轮与地面接触点的横向力增大,降低系统的稳定性。如采用钢丝绳传动,由于绳上作用弯矩,易导致传动精度下降。

[0026] 作为优选,所述离合器控制系统通过如下公式实现对离合器输出力矩的控制:

$$[0027] \quad A = \frac{MN^2\alpha^2d^2D}{8\lambda T^2l\sqrt{\tan^{-2}\left[\left(\frac{1}{2}-\frac{U}{E}\right)\phi_0\right]+\frac{1}{4}}}$$

[0028] 其中:A为离合器的输入电流,M为人和自行车的总重量;N为脉冲信号数量,由后轮转速传感器检测得到; $\alpha$ 为相邻两个磁性元件之间的角度,为设定值;d为自行车后车轮直径,为已知值;D为带轮的直径,为已知值; $\lambda$ 为磁粉离合器的参数常量,可通过预先检测得到;U为前轮转角传感器的输出电压;E为电位器两端输入的直流稳定电压,为设定值; $\phi_0$ 为电位器最大测量角度。

[0029] 本发明中,可以采用微处理器的前馈控制,调节使用者模拟转弯时的动态惯性力加载曲线,以适应反应速度不同的各种使用者,并优化系统的频率特性。该平台可以通过在自行车身增加陀螺仪传感器,对自行车倾角进行反馈的比例-积分-微分控制(PID),起到双侧的阻尼作用,增加平台安全性。

[0030] 本发明中,可通过陀螺仪传感器检测自行车车身倾角,与车速、转向角结合,输入虚拟现实(VR)平台,进行基于虚拟现实的自行车仿真骑行模拟。

[0031] 相比现有技术而言,本发明具有如下的优点:

[0032] (1) 本发明提供的具有自行车姿态控制功能的骑行模拟平台,通过对自行车进行仿真惯性力的加载,使骑行者主动参与自行车的平衡,锻炼骑行者的主动平衡能力。

[0033] (2) 本发明提供的具有自行车姿态控制功能的骑行模拟平台,结构相对简单,采用型材进行框架搭建,结构简单,成本较低,质量相对较轻。

[0034] (3) 本发明提供的具有自行车姿态控制功能的骑行模拟平台,能够基于使用者的体重进行惯性力加力大小的调整,使骑行体验更符合实际。

[0035] (4) 本发明提供的具有自行车姿态控制功能的骑行模拟平台,能够基于微处理器进行阻尼和频率特性的设置,提高骑行平台的安全性,并降低机械阻尼结构的成本。

[0036] (5) 本发明提供的具有自行车姿态控制功能的骑行模拟平台,能够通过传感器信息接入虚拟现实系统进行真实性更强的骑行模拟;能够进行神经系统受损病人的平衡机能康复;能够训练骑行初学者直至专业运动员的平衡能力,使用范围、前景广泛。

## 附图说明

[0037] 图1为本发明的具有自行车姿态控制功能的骑行模拟平台的结构示意图;

[0038] 图2为骑行中的自行车以及骑行的人之间的角度示意图;

- [0039] 图3为图1的受力示意图；  
[0040] 图4为电位器的输出电压的大小与电位器角度示意图；  
[0041] 图5为前轮转角与电位器输出电压示意图；  
[0042] 图6为霍尔传感器检测磁性元件示意图；  
[0043] 图7为自行车转向时的俯视示意图。

### 具体实施方式

[0044] 下面结合附图所示一种实施方式对本发明的技术方案进行进一步说明：

[0045] 如图1所示，本发明提供了一种具有自行车姿态控制功能的骑行模拟平台，包括机架、传力系统、传感器、微处理器（图中未画出）。

[0046] 机架1采用铝型材搭建，自行车的中后部嵌入于机架中段，机架底座呈左右对称布置，用于进行双侧的电动机2、磁粉离合器3的固定。由于系统作用力较大，因此机架须具有一定的质量。机架中段架设四根立柱与两条横梁，用于架设定滑轮4，改变力的方向。横梁高低位置可根据自行车作具体调整。

[0047] 自行车可以是现有的常规自行车，也可以是自行定制的自行车。

[0048] 自行车底设有车轮固定系统5，固定系统的作用在于限制车轮的左右移动，防止打滑现象。本实施例中，车轮固定系统5由两组具有支撑和限位作用的类似定滑轮结构组成。

[0049] 本发明中，电动机2采用转速为150~300转的减速电机。传力系统包括减速电机、磁粉离合器、张力控制器（图中未画出）和传动件。减速电机、磁粉离合器、离合器控制系统和传动件为分别设置在自行车两侧的两组。本实施例中，传动件采用尼龙绳。离合器控制系统采用张力控制器。每组减速电机、磁粉离合器、张力控制器和传动件中，减速电机的输出轴通过弹性联轴器连接至磁粉离合器的输入端，磁粉离合器由张力控制器进行控制。磁粉离合器的输出轴连接一带轮，带轮上钻有孔，用于固定施力尼龙绳，尼龙绳绕过定滑轮之后另一端固定于自行车后货架上部。定滑轮设置在机架上，分别位于自行车后部两侧，与自行车后货架高度相当或者近似等高的位置，且与自行车后货架保持安装间距。

[0050] 本实施例中，微处理器采用单片机。

[0051] 传感器包括前轮转角传感器和后轮转速传感器。前轮转角传感器使用精密导电塑料电位器，其轴固定于前叉上管底部，电位器外壳固定于自行车车架上。后轮采用霍尔传感器进行转速测量。前轮电位器输出电压经过AD转换送入单片机，后轮光电门信号直接输入单片机，通过定时器计数得到转速。前轮转角、后轮转速经过滤波处理、与其他参数进行计算之后，输出两路模拟电压至张力控制器，张力控制器控制磁粉离合器输出力拉动自行车。

[0052] 骑行中的自行车，我们可以将其看成较为常见的二阶倒立摆，人的质量为 $m_p$ ，自行车的质量为 $m_b$ ，自行车与竖直方向的倾角为 $\beta_1$ ，人与竖直方向的倾角为 $\beta_2$ ，如图2所示。

[0053] 在一般情况下 $\beta_2 \approx \beta_1 = \beta$ ，我们可以把整个系统近似等效为一阶倒立摆系统，总质量 $M = m_p + m_b$ ，忽略空气阻力，其受力如图3所示。

[0054]  $F$ 是需要输出的模拟惯性力大小，其由采集获得的数据配合公式计算获得。 $\beta$ 是需要由骑行者通过姿势的调节来改变的角度，最终使得其能够依靠重力的力矩来平衡惯性力所带来的力矩，即需要满足力矩平衡方程 $Mg \sin \beta = F \cos \beta$ 。

[0055] 采集角度信息，需要在电位器的两端输入一个直流稳定电压 $E$ ，电位器相当于一个

滑动变阻器,其输出电压 $U = E \cdot \varphi / \varphi_0$  ( $\varphi_0$ 为电位器最大测量角度, $\varphi$ 为当前电位器角度),可以得到输出电压的大小与电位器角度成正比,根据电位器的输出电压就可以反推出车把转角大小。

[0056] 如图3所示,安装时,将电位器位于中间时的角度作为零转角的参考点,这样一来可以得到转角 $\theta$ 与电位器的输出电压 $U$ 之间的表达式为:

$$[0057] \quad \theta = \left( \frac{1}{2} - \frac{U}{E} \right) \varphi_0$$

[0058] 霍尔传感器采用计数方式来测量车轮转速,我们在车轮辐条上等角度安装一些可被霍尔传感器检测到的磁性元件,每两个磁性元件之间的角度为 $\alpha$ ,当磁性元件经过霍尔传感器检测范围时,获得一个脉冲信号并计数。车轮转动,设定时间 $T$ 内检测到 $N$ 个脉冲信号,可以计算得到车轮转动角速度大小为 $\omega = N\alpha/T$ 。通过测得车轮直径 $d$ 可以求得自行车车速 $v = \omega \cdot d/2$ 。如图6所示。

[0059] 当我们已知车速为 $v$ ,前把转角为 $\theta$ ,自行车长度为 $l$ ,人与车的总质量为 $M$ 的情况下,计算模拟惯性力大小,即传力装置所需要传递拉力的大小。绘出自行车转向时的俯视示意图如图7所示。

[0060] 由几何关系可以计算质心的圆周运动半径大小为 $R = l \cdot \sqrt{\tan^{-2} \theta + 2^{-2}}$ ,转向时离心力的大小即为 $F = Mv^2/R$ 。

[0061] 综合上述表达式,我们可以得到最终输出力大小的表达式为:

$$[0062] \quad F = \frac{MN^2\alpha^2d^2}{4T^2l\sqrt{\tan^{-2}\left[\left(\frac{1}{2}-\frac{U}{E}\right)\varphi_0\right]+\frac{1}{4}}}$$

[0063] 检测前,可以通过预先测试磁粉离合器的输入电流和输出转矩之间的关系,可以得到其输入-输出特性曲线(输入电流,输出转矩,在磁粉离合器的输出端安装直径为 $D$ 的带轮后,可以通过测量带轮上带绳产生的拉力大小获得转矩),即输入电流 $A$ 与输出转矩 $T_u$ 之间的曲线,实验发现其输入电流 $A$ 与输出转矩 $T_u$ 近似成线性正比关系,由此我们也可以得到输出的模拟惯性力 $F \propto A$ , $A$ 为输入电流。将输出与输入比例的斜率定义为磁粉离合器的参数常量 $\lambda$ ,即输出转矩 $T_u$ 与输入电流间的表达式为 $T_u = \lambda \cdot A$ ,可以由此得出输入电流的最终表达式为

$$[0064] \quad A = \frac{MN^2\alpha^2d^2D}{8\lambda T^2l\sqrt{\tan^{-2}\left[\left(\frac{1}{2}-\frac{U}{E}\right)\varphi_0\right]+\frac{1}{4}}}$$

[0065] 其中, $M$ 为人和自行车的总重量,为已知参数; $N$ 为脉冲信号数量,由后轮转速传感器检测得到; $\alpha$ 为相邻两个磁性元件之间的角度,为设定值; $d$ 为自行车后车轮直径,为已知值; $D$ 为带轮的直径,为已知值; $\lambda$ 为磁粉离合器的参数常量,可通过预先检测得到; $U$ 为前轮转角传感器的输出电压; $E$ 为电位器两端输入的直流稳定电压,为设定值; $\varphi_0$ 为电位器最大测量角度;

[0066] 由此,通过对前轮转向的检测(得输出电压 $U$ )和后轮转速的检测(得脉冲信号数量

N),即可得知需要输入电流A的大小,进而实现对自行车车身的平衡控制。



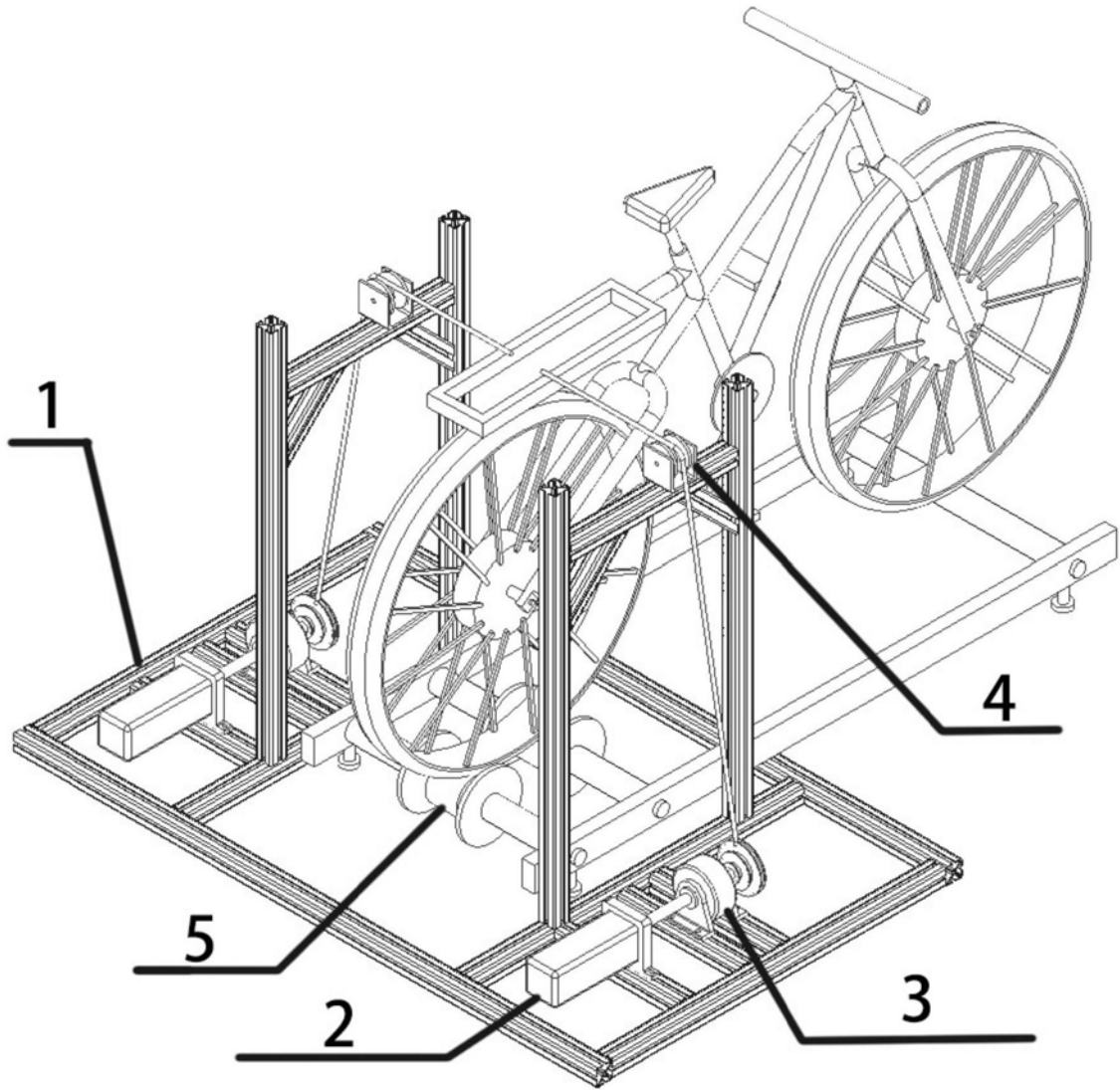


图1

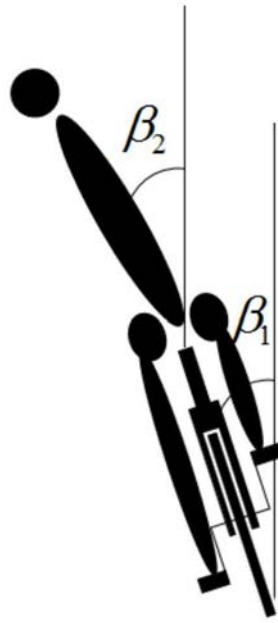


图2

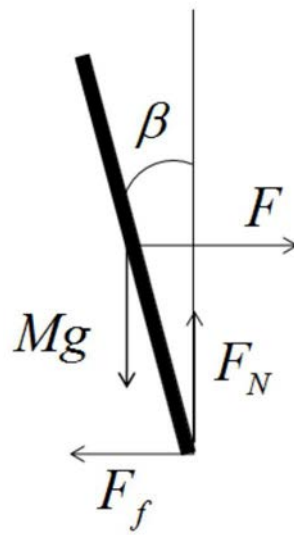


图3

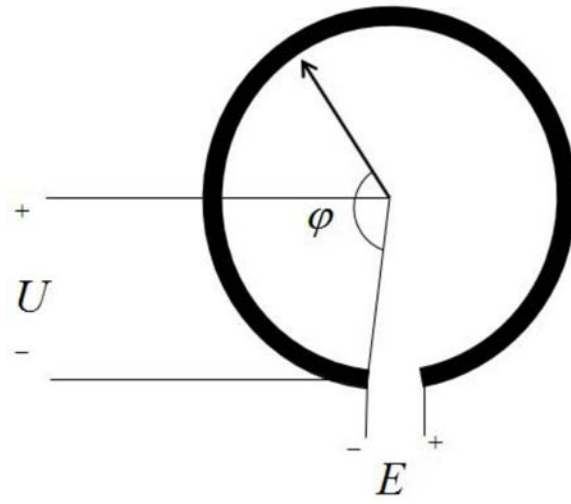


图4

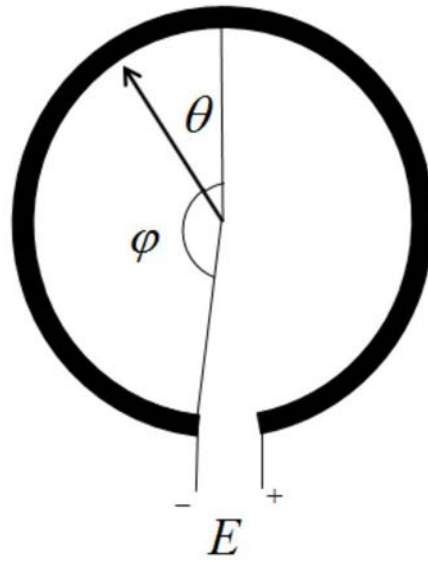


图5

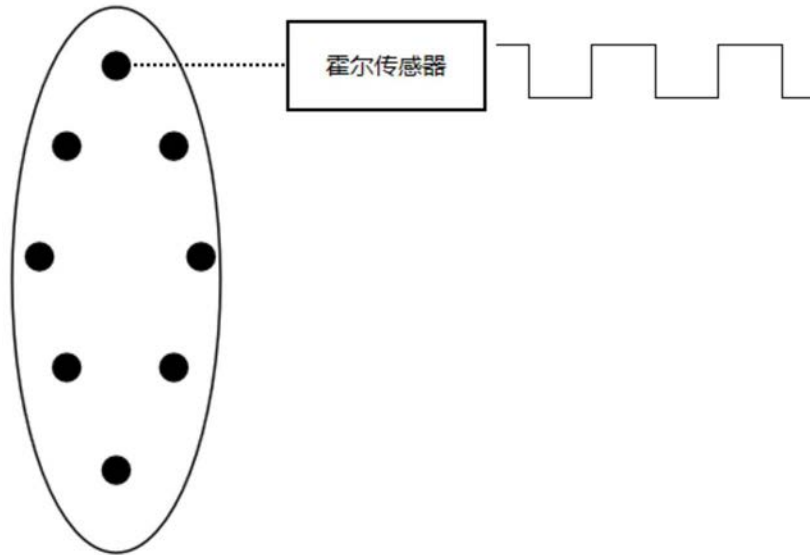


图6

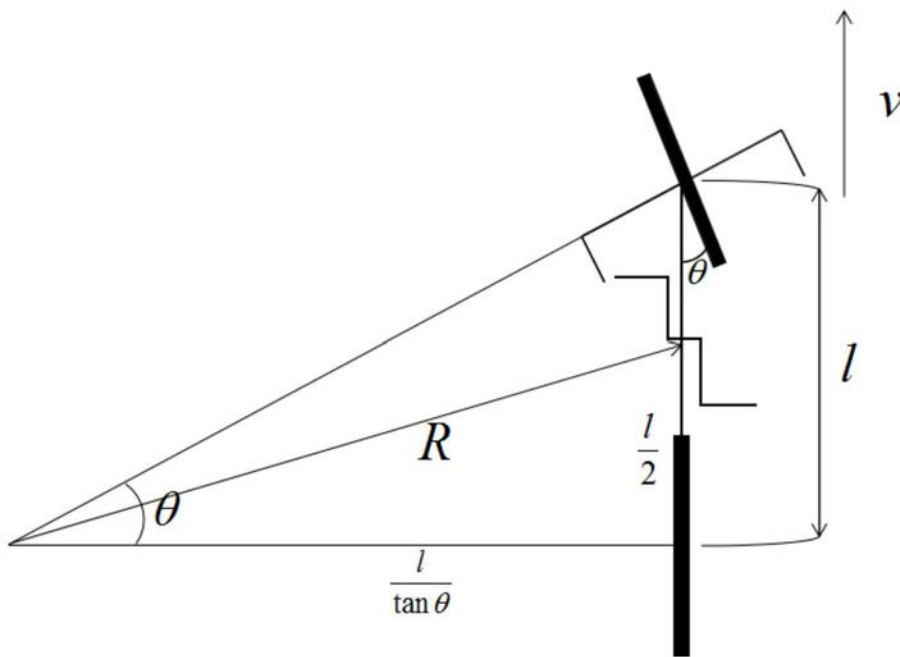


图7