



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104344993 B

(45)授权公告日 2017.02.22

(21)申请号 201310311743.6

(22)申请日 2013.07.23

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104344993 A

(43)申请公布日 2015.02.11

(73)专利权人 国家电网公司
地址 100031 北京市西城区西长安街86号
专利权人 中国电力科学研究院
江苏省电力公司

(72)发明人 王旭明 杨靖波 邢海军

(74)专利代理机构 北京安博达知识产权代理有限公司 11271
代理人 徐国文

(51)Int. Cl.
G01N 3/08(2006.01)

(56)对比文件

CN 201555769 U, 2010.08.18,
CN 101793647 A, 2010.08.04,
CN 201555769 U, 2010.08.18,
CN 103793554 A, 2014.05.14,
CN 202383021 U, 2012.08.15,

王志远. 反复载荷作用下铸钢节点受力性能的有限元分析与试验研究.《中国优秀硕士学位论文全文数据库 工程科技II辑》.2007, 33-37.

审查员 何孟珂

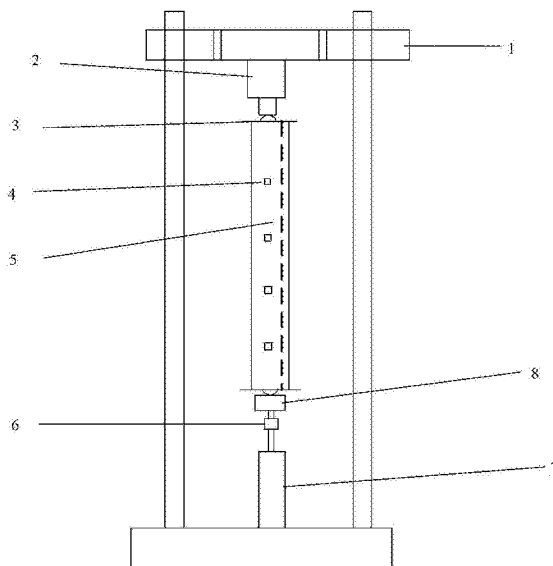
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种构件承载力和材料性能参数的试验测量方法

(57)摘要

本发明涉及一种输变电铁塔构件承载力和材料性能参数的试验测量方法,本方法能够有效地测量输变电铁塔构件的承载力,根据试验数据可以计算出铁塔构件的弹性模量和泊松比。该方法通过反力架装置和加载装置对构件进行加载,并在构件的表面贴有应变片,根据加载装置可以直接得到构件的屈曲承载力,根据应变和作动器载荷数据能够得到构件材料的弹性模量和泊松比,同时也可以用于材性试验得到的弹性模量和应变数据来校核加载装置荷载传感器的准确性。该方法结构清晰,简便可行,原理清楚。



1. 一种构件承载力和材料性能参数的试验测量方法,其特征在于:所述方法包括以下步骤:

(1) 选取构件上的应变测试点;

所述步骤(1)中的应变测试点通过有限元分析方法选取,所述应变测试点为应力变化相同的区域;

(2) 在所述应变测试点上设置应变测试计;

所述步骤(2)所述应变测试计为应变片;在经打磨和酒精清洗后的所述应变测试点的正面和背面分别设置2个相互垂直的应变片;所述应变测试点的正面和背面的2个应变片的其中一个应变片均沿着所述构件的加载方向设置;

每个所述应变片的接线方式为通过同一个温度补偿片进行1/4桥接线法;

(3) 组装试验装置;

所述试验装置包括反力架和从上到下依次设置在反力架间的上端部支座、构件、下端部支座、荷载传感器和作动器;所述支座与构件间设有法兰板;

(4) 记录数据;

(5) 计算构件的承载力和其材料参数。

2. 如权利要求1所述的一种构件承载力和材料性能参数的试验测量方法,其特征在于:反力架为钢梁结构或者混凝土结构,所述上端部支座和下端部支座为铰支座。

3. 如权利要求2所述的一种构件承载力和材料性能参数的试验测量方法,其特征在于:所述构件为单角钢、双角钢、或多拼角钢,所述铰支座为刀口铰支座,所述刀口铰支座的刀口槽方向与角钢构件的弱轴方向平行。

4. 如权利要求2所述的一种构件承载力和材料性能参数的试验测量方法,其特征在于:所述构件为钢管,所述铰支座为球铰支座。

5. 如权利要求1所述的一种构件承载力和材料性能参数的试验测量方法,其特征在于:所述步骤(4)中的数据包括每个加载级荷载值、以及各应变片读数和所述每个应变片在任意两个加载级范围为15%到40%的荷载值下的应变差值 $\varepsilon_{1a}, \varepsilon_{1b}, \varepsilon_{1'a}, \varepsilon_{1'b}, \varepsilon_{2a}, \varepsilon_{2b}, \varepsilon_{2'a}, \varepsilon_{2'b}, \dots$;

所述每个加载级荷载为按照作动器量程荷载的5%比例从加载初值为零开始逐级递增;

其中,1为第1个应变测试点正面,2为第二个应变测试点正面,1'为第1个应变测试点背面,2'为第2个应变测试点背面,a为沿着所述构件的加载方向设置的应变片,b为垂直所述构件的加载方向设置的应变片。

6. 如权利要求5所述的一种构件承载力和材料性能参数的试验测量方法,其特征在于:所述步骤(5)中构件承载力为所采集到荷载传感器读数的最大值;

弹性模量的计算方法为: $E = (E_1 + E_2 + \dots + E_n) / n$,泊松比 $\mu = (\mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_n) / n$;其中:1、2、 \dots 、n为第一应变测试点,第二应变测试点、 \dots 、第n应变测试点;

应变测试点1的弹性模量 $E_1 = \frac{2\Delta F}{A(\varepsilon_{1a} + \varepsilon_{1a'})}$,泊松比 $\mu_1 = \frac{\varepsilon_{1b}}{\varepsilon_{1a}}$,同理依次计算出各应变测试点的承载力极限值 E_2, E_3, \dots ;各应变测试点的泊松比 μ_2, μ_3, \dots ,

其中, ΔF 为荷载传感器得到的两加载级之间的荷载差值, A 为所述构件的横截面积。

7. 如权利要求6所述的一种构件承载力和材料性能参数的试验测量方法, 其特征在于: 通过荷载传感器得到的两加载级之间的荷载差值 ΔF 和通过推算得到的与上述相同的两加载级之间的荷载差值 $\Delta F'$ 之比对所述荷载传感器的数值进行校验;

所述 $\Delta F'$ 的推算方法为 $\Delta F' = E' A (\varepsilon_{1a} + \varepsilon_{1'a} + \varepsilon_{2a} + \varepsilon_{2'a} + \dots + \varepsilon_{na} + \varepsilon_{n'a}) / 2n$, 其中 E' 为单独用材性试验得到或者是厂家提供的铁塔构件 (5) 弹性模量。

一种构件承载力和材料性能参数的试验测量方法

技术领域：

[0001] 本发明涉及输电线路杆塔试验领域，更具体涉及一种输电线路杆塔试验中构件承载力和材料性能参数的试验测量方法。

背景技术：

[0002] 输电杆塔结构真型试验是检验和验证杆塔的整体力学性能和结构合理性、指导杆塔结构优化设计不可或缺的重要手段，但由于杆塔结构真型试验通常要耗费较多的人力、物力和财力，只能有限度地进行，所以在结构设计的初期，特别是在进行初步探索比较或对设计理论计算进行研究时，一般多依靠对结构部件进行试验分析和理论计算。因此，结构部件试验是杆塔真型试验的有效补充，两种试验手段对于保证输电杆塔安全可靠、研究设计理论、促进输电杆塔优化设计具有同等重要的作用。

[0003] 虽然结构部件试验系统进行的是结构构件或模型塔架的试验，试验规模相对较小，但其主要试验设施、设备与杆塔真型试验系统的组成结构相似，也包括试验大厅、试验台座、反力墙、反力架、液压加载系统、应变和位移测量系统、图像监控系统、吊装设备、试验制作设备以及配套的试验分析软件、试验机等。

[0004] 传统的输变电杆塔构件承载力试验只能测量出构件的承载力，不能得到对真型塔设计有关的构件材料性能参数等，也不能通过自身装置实现对载荷传感器的校核，本发明的方法既可以实现承载力的测量，并能得到相关的构件材料性能参数，材料的弹性模量和泊松比，也可以通过材性试验得到的弹性模量和应变数据来校核承载力试验装置中载荷传感器的准确性。

发明内容：

[0005] 本发明的目的是提供一种构件承载力和材料性能参数的试验测量方法，为输变电铁塔构件的结构设计与研究提供依据。

[0006] 为实现上述目的，本发明采用以下技术方案：一种构件承载力和材料性能参数的试验测量方法，所述方法包括以下步骤：

[0007] (1) 选取构件上的应变测试点；

[0008] (2) 在所述应变测试点上设置应变测试计；

[0009] (3) 组装试验装置；

[0010] (4) 记录数据；

[0011] (5) 计算构件的承载力和其材料参数。

[0012] 本发明提供的一种构件承载力和材料性能参数的试验测量方法，所述步骤(1)中的应变测试点通过有限元分析方法选取，所述应变测试点为应力变化相同的区域。

[0013] 本发明提供的一种构件承载力和材料性能参数的试验测量方法，所述步骤(2)所述应变测试计为应变片；在经打磨和酒精清洗后的所述应变测试点的正面和背面分别设置2个相互垂直的应变片；所述应变测试点的正面和背面的2个应变片的其中一个应变片均沿

着所述构件的加载方向设置；

[0014] 每个所述应变片的接线方式为通过同一个温度补偿片进行1/4桥接线法。

[0015] 本发明提供的另一优选的一种构件承载力和材料性能参数的试验测量方法，所述试验装置包括反力架和从上到下依次设置在反力架间的上端部支座、构件、下端部支座、荷载传感器和作动器；所述支座与构件间设有法兰板。

[0016] 本发明提供的再一优选的一种构件承载力和材料性能参数的试验测量方法，反力架为钢梁结构或者混凝土结构，所述上端部支座和下端部支座为铰支座。

[0017] 本发明提供的又一优选的一种构件承载力和材料性能参数的试验测量方法，所述构件为单角钢、双角钢、或多拼角钢，所述铰支座为刀口铰支座，所述刀口铰支座的刀口槽方向与角钢构件的弱轴方向平行。

[0018] 本发明提供的又一优选的一种构件承载力和材料性能参数的试验测量方法，所述构件为钢管，所述铰支座为球铰支座。

[0019] 本发明提供的又一优选的一种构件承载力和材料性能参数的试验测量方法，所述步骤(4)中的数据包括每个加载级荷载值、以及各应变片读数和所述每个应变片在任意两个加载级范围为15%到40%的荷载值下的应变差值 $\varepsilon_{1a}, \varepsilon_{1b}, \varepsilon_{1'a}, \varepsilon_{1'b}, \varepsilon_{2a}, \varepsilon_{2b}, \varepsilon_{2'a}, \varepsilon_{2'b}, \dots$ ；

[0020] 所述每个加载级荷载为按照作动器量程荷载的5%比例从加载初值为零开始逐级递增；

[0021] 其中，1为第1个应变测试点正面，2为第二个应变测试点正面，1'为第1个应变测试点背面，2'为第2个应变测试点背面，a为沿着所述构件的加载方向设置的应变片，b为垂直所述构件的加载方向设置的应变片。

[0022] 本发明提供的又一优选的一种构件承载力和材料性能参数的试验测量方法，其特征在于：所述步骤(5)中构件承载力为所采集到荷载传感器读数的最大值；

[0023] 弹性模量的计算方法为： $E = (E_1 + E_2 + \dots + E_n) / n$ ，泊松比 $\mu = (\mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_n) / n$ 。其中：1、2、……n为第一应变测试点，第二应变测试点……第n应变测试点；

[0024] 应变测试点1的弹性模量 $E_1 = \frac{2\Delta F}{A(\varepsilon_{1a} + \varepsilon_{1a'})}$ ，泊松比 $\mu_1 = \frac{\varepsilon_{1b}}{\varepsilon_{1a}}$ ，同理依次计算出

各应变测试点的承载力极限值 E_2, E_3, \dots ；各应变测试点的泊松比 μ_2, μ_3, \dots ，其中， ΔF 荷载传感器得到的两加载级之间的荷载差值，A为所述构件的横截面积。

[0025] 本发明提供的又一优选的一种构件承载力和材料性能参数的试验测量方法，通过荷载传感器得到的两加载级之间的荷载差值 ΔF 和通过推算得到的与上述相同的两加载级之间的荷载差值 $\Delta F'$ 之比对所述荷载传感器的数值进行校验。

[0026] 所述 $\Delta F'$ 的推算方法为 $\Delta F' = E' A (\varepsilon_{1a} + \varepsilon_{1'a} + \varepsilon_{2a} + \varepsilon_{2'a} + \dots + \varepsilon_{na} + \varepsilon_{n'a}) / 2n$ ，其中 E' 为单独用材性试验得到或者是厂家提供的铁塔构件5弹性模量。

[0027] 由于采用了上述技术方案，本发明得到的有益效果是：本方法能够有效地测量输电铁塔构件的承载力，根据试验数据可以计算出铁塔构件的弹性模量和泊松比。该方法通过反力架装置和加载装置对构件进行加载，构件表面的测试点贴有应变测试计，根据加载装置可以直接得到构件的屈曲承载力，根据应变和作动器载荷数据能够得到构件材料的弹性模量和泊松比，同时也可以利用材性试验得到的弹性模量和应变数据来校核加载装置荷

载传感器的准确性。该方法根据构件的截面形状来选定支座约束,能很好的考虑构件的屈曲形态;该方法结构清晰,简便可行,原理清楚。

附图说明

[0028] 图1为应变片单片设置示意图;

[0029] 图2为应变花的设置示意图;

[0030] 图3为试验装置示意图;

[0031] 图4为刀口铰支座端部示意图;

[0032] 其中,1-反力架,2-上端部支座,3-法兰板,4-应变测试点,5-构件,6-荷载传感器,7-作动器,8-下端部支座。

具体实施方式

[0033] 下面结合实施例对发明作进一步的详细说明。

[0034] 实施例1:

[0035] 如图1-4所示,本例的发明方法先通过有限元分析方法对构件5选取应变测试点4,利用商业有限元分析软件模拟构件5屈曲的全过程,按照构件5的实际长度、材料属性和边界条件,以及引入构件5长的千分之一作为初始缺陷建立有限元模型,然后采用位移加载的方法进行加载,随着加载的进行,构件5会发生弯曲,当达到屈曲时停止加载,达到屈曲时构件5的荷载即最大荷载值。观察达到屈曲条件时构件各个部位的应力云图,选择应力云图变化不大和相同的几个区域,该区域为应变测试点4。将应变测试点4正面和背面分别进行编号,应变测试点4的正面编号为1,2……,应变测试点4的背面编号对应为1',2'……。

[0036] 将选取的几个应变测试点4的正面和背面分别进行打磨和酒精清洗,然后在这几个应变测试点4的正面和背面分别粘贴应变测试计,所述应变测试计可以为应变片单片或应变花,如果应变测试计是应变片单片,则一个应变测试点4的正面和背面分别贴两个应变片,应变测试点4的正面与背面的应变片的粘贴方式一样,第一个应变片的粘贴方向为构件加载方向,记为片a,第二个应变片的粘贴方向为垂直于第一个应变片的方向,记为片b;如果应变测试计是应变花,则应变花上互相垂直的两个应变片的方向分别与构件的加载方向相同和垂直。

[0037] 2个单独应变片和应变花上的应变片的接线方式为1/4桥接法,所有应变测试点4上的应变片在1/4桥接法中共用一个温度补偿片。

[0038] 将构件5与其它部件组成试验装置,该试验装置包括反力架1和从上到下依次设置在反力架1间的上端部支座2、构件5、下端部支座8、荷载传感器6和作动器7;所述支座与构件5间设有法兰板3。反力架1为钢梁结构或者混凝土结构,所述上端部支座2和下端部支座8为铰支座。所述构件2为单角钢、双角钢、或多拼角钢,所述铰支座为刀口铰支座,所述刀口铰支座的刀口槽方向与角钢构件的弱轴方向平行。所述构件5为钢管,所述铰支座为球铰支座。根据欧拉公式大致算出构件5的极限承载力,然后根据承载力选择相应量程的作动器7,作动器7的量程应为欧拉公式算出极限承载力的1.2到1.5倍之间。所述作动器7加载采取分级加载的方法进行加载,每级加载为载荷的5%的比例从初始值为0开始逐级加载,分别为5%、10%、15%……,一直到构件5发生屈曲为止。

[0039] 开始试验后进行数据记录,所述数据包括作动器7每个加载级荷载值、以及各应变片的读数和所述每个应变片在任意两个加载级为15%,20%,25%,30%,35%,40%的荷载值下的应变差值 $\varepsilon_{1a}, \varepsilon_{1b}, \varepsilon_{1'a}, \varepsilon_{1'b}, \varepsilon_{2a}, \varepsilon_{2b}, \varepsilon_{2'a}, \varepsilon_{2'b} \dots$;其中1为第1个应变测试点4正面,2为第二个应变测试点4正面,1'为第1个应变测试点4背面,2'为第2个应变测试点4背面,a为沿着所述构件5的加载方向设置的应变片,b为垂直所述构件5的加载方向设置的应变片。

[0040] 所述步骤(5)中构件5承载力由荷载传感器直接读出,荷载传感器读数的最大值即为构件承载力;

[0041] 弹性模量的计算方法为: $E = (E_1 + E_2 + \dots + E_n) / n$,泊松比 $\mu = (\mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_n) / n$ 。其中:1、2……n为第一应变测试点4,第二应变测试点4……第n应变测试点4;

[0042] 第一应变测试点4的弹性模量 $E_1 = \frac{2\Delta F}{A(\varepsilon_{1b} + \varepsilon_{1a})}$, 泊松比 $\mu_1 = \frac{\varepsilon_{1b}}{\varepsilon_{1a}}$, 同理依次

计算出各应变测试点4的承载力极限值 E_2, E_3, \dots ;各应变测试点4的泊松比 μ_2, μ_3, \dots ,其中, ΔF 荷载传感器得到的两加载级之间的荷载差值,A为所述构件5的横截面积。

[0043] 最后,可以通过本试验校核荷载传感器。

[0044] 荷载传感器得到的两加载级之间的荷载差值 ΔF 和通过推算得到的与上述相同的两加载级之间的荷载差值 $\Delta F'$ 之比对所述荷载传感器的数值进行校验。

[0045] 所述 $\Delta F'$ 的推算方法为 $\Delta F' = E' A (\varepsilon_{1a} + \varepsilon_{1'a} + \varepsilon_{2a} + \varepsilon_{2'a} + \dots + \varepsilon_{na} + \varepsilon_{n'a}) / 2n$,其中 E' 为单独用材性试验得到或者是厂家提供的铁塔构件5弹性模量。

[0046] 最后应该说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其限制,尽管参照上述实施例对本发明进行了详细说明,所属领域的普通技术人员应当理解:依然可以对本发明的具体实施方式进行修改或者等同替换,而未脱离本发明精神和范围的任何修改或者等同替换,其均应涵盖在本权利要求范围当中。

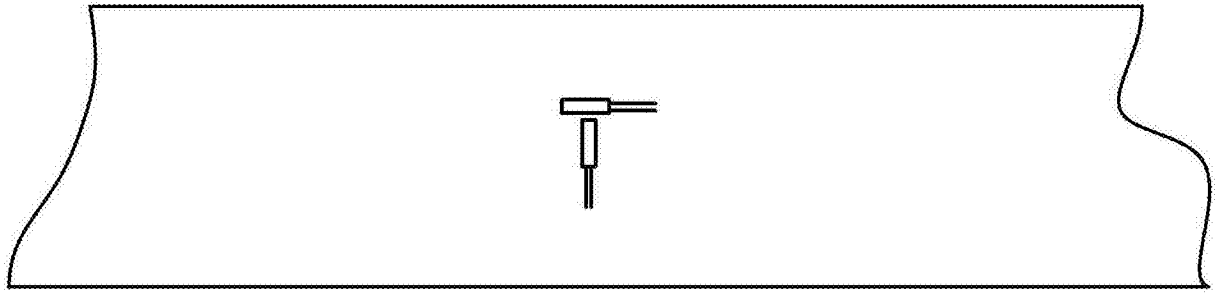


图1

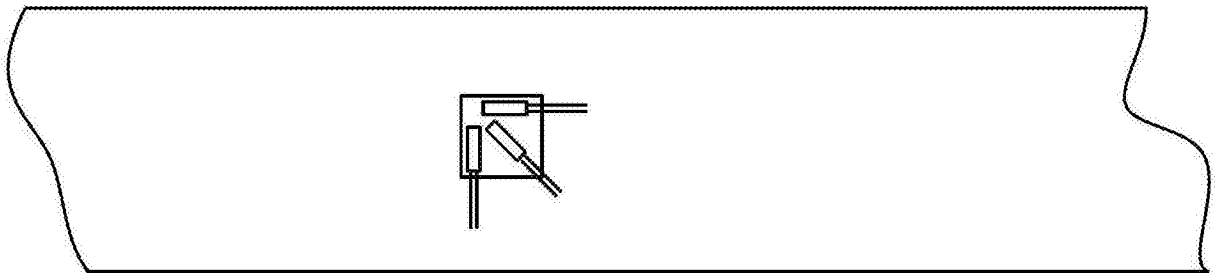


图2

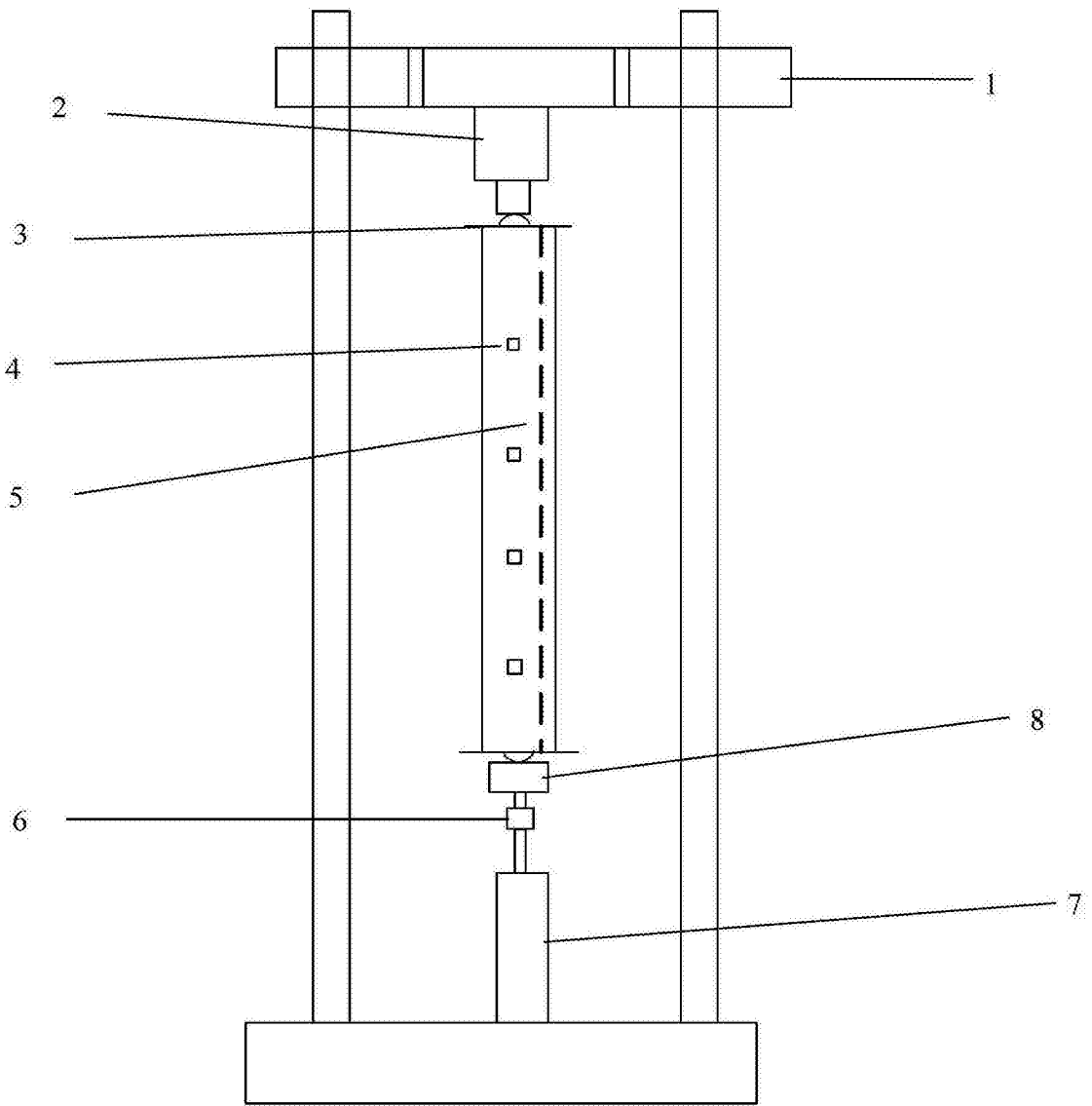


图3

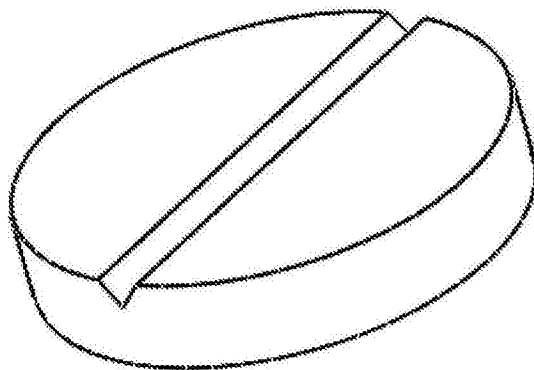


图4