



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107145750 A

(43)申请公布日 2017. 09. 08

(21)申请号 201710326362.3

(22)申请日 2017.05.10

(71)申请人 重庆大学

地址 400000 重庆市沙坪坝区正街174号

(72)发明人 董银峰 何铠岐 林松 许松

马占雄

(74)专利代理机构 北京高航知识产权代理有限公司

公司 11530

代理人 赵永强

(51)Int.Cl.

G06F 19/00(2011.01)

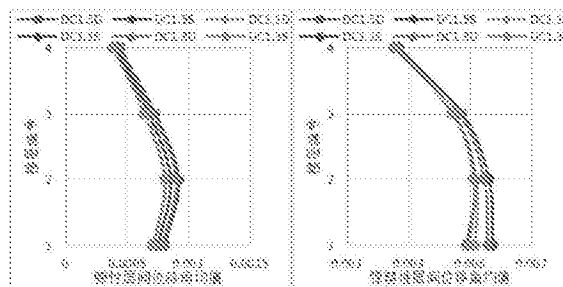
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

双向地震动的选波方法

(57)摘要

一种双向地震动的选波方法,根据常用方法进行单向地震波的初选;考虑场地条件对第一步初选选出的地震波进行二次挑选;随机组合挑选出来的地震动,并对每一对用于输入组合的地震波进行对齐操作;采用最优化方法并以地震动的累积能量为目标函数,确定每个地震动分量相应强度包线模型的参数;优先选用模型参数相近的地震输入组合,从而完成双向地震动的选择。



1. 一种双向地震动的选波方法,其特征在于,按照以下步骤进行:

步骤一:根据常用方法进行单向地震波的初选;

步骤二:考虑场地条件对第一步选出的地震波进行二次挑选;

步骤三:随机组合挑选出来的地震动,并对每一对用于输入组合的地震波进行对齐操作;

步骤四:计算每一对地震波强度包线模型 $E(t)$ 的参数:时间参数 t_0 、 t_1 、 t_2 、 b_t 、 m_t ;平稳段强度参数 I_0 和下降段衰减指数 c ,此外,模型的时间参数尚应满足约束条件: $t_0 \leq t_1 \leq t_2$;因此进行结构时程分析时应优先选用模型参数相近的地震输入组合;

$$E(t) = \begin{cases} 0 & t < t_0 \\ I_0 \left(\frac{t-t_0}{t_1-t_0} \right)^2 & t_0 < t < t_1 \\ I_0 & t_1 < t < t_2 \\ I_0 e^{-c(t-t_2)} & t > t_2 \end{cases} \quad (1)$$

$$E(t) = \begin{cases} 0 & t < t_0 \\ I_0 \sqrt{\frac{1}{tb_t \sqrt{2\pi}}} \exp \left[\frac{-(\ln(t-t_0) - m_t)^2}{2b_t^2} \right] & t \geq t_0 \end{cases} \quad (2)$$

基于以上模型,采用最优化方法并以地震动的累积能量为目标函数来确定相应的模型参数,从而完成双向地震动的选择。

2. 根据权利要求1所述的双向地震动的选波方法,其特征在于,所述步骤一的具体步骤是,选波标准为地震波在结构基本周期附近 $[T_1 - \Delta T_1, T_2 + \Delta T_2]$ 段和 $[0.1, T_g]$ 段加速度反应谱均值与设计反应谱在这两段的均值相差均不超过10%;其中: T_1 表示结构的第一基本自振周期; ΔT_1 表示第一自振周期的下偏差; ΔT_2 表示第一自振周期的上偏差; T_g 表示为场地的特征周期。

3. 根据权利要求1所述的双向地震动的选波方法,其特征在于,所述步骤二的具体步骤是,为了使得所选择的地震波的场地条件与建筑所在的场地条件相同,在选波的时候控制地震波的震级 M 、震中距 R 在一定的范围。

4. 根据权利要求3所述的双向地震动的选波方法,其特征在于,根据常用衰减规律模型结合PGA衰减规律模型最终得出的震级 M 和震中距 R 的范围。

5. 根据权利要求1所述的双向地震动的选波方法,其特征在于,所述步骤三中对齐原则为两条地震波强度包线水平段的中点或地震波加速度时程峰值点在同一时刻。

双向地震动的选波方法

技术领域

[0001] 本发明属于土木工程抗震与防灾减灾工程技术领域,涉及一种双向地震动的选波方法。

背景技术

[0002] (GB50011-2010)规定对某些结构进行时程分析时需要考虑双向地震动,实际工程中常按照某一个方向进行选波,然后将所选出的地震动和对应的实际台站记录的另一水平分量组合作为双向地震动。因此现有的这种选波方法中实际上仅控制了一个方向的地震动与设计反应谱的误差,而不能控制另一个方向的地震动与设计反应谱的误差。这对于需要考虑双向地震动进行时程分析的某些结构按照常规选波方法误差较大的缺点。

发明内容

[0003] 为实现上述控制两个方向地震动与设计反应谱误差的目的,本发明提供一种基于常用方法选波方法双向地震动的选波方法,并对两个方向的地震动均进行了误差控制的双向地震动选择,解决了现有选波方法技术中存在的仅控制了一个方向的地震动与设计反应谱误差的问题。

[0004] 本发明所采用的技术方案是,一种双向地震动的选波方法,按照以下步骤进行:

[0005] 步骤一:根据常用方法进行单向地震波的初选;

[0006] 步骤二:考虑场地条件对第一步选出的地震波进行二次挑选;

[0007] 步骤三:随机组合挑选出来的地震动,并对每一对用于输入组合的地震波进行对齐操作;

[0008] 步骤四:计算每一对地震波强度包线模型 $E(t)$ 的参数:时间参数 t_0 、 t_1 、 t_2 、 b_t 、 m_t ;平稳段强度参数 I_0 和下降段衰减指数 c ,此外,模型的时间参数尚应满足约束条件: $t_0 \leq t_1 \leq t_2$;因此进行结构时程分析时应优先选用模型参数相近的地震输入组合;

$$[0009] \quad E(t) = \begin{cases} 0 & t < t_0 \\ I_0 \left(\frac{t-t_0}{t_1-t_0} \right)^2 & t_0 < t < t_1 \\ I_0 & t_1 < t < t_2 \\ I_0 e^{-c(t-t_2)} & t > t_2 \end{cases} \quad (1)$$

$$[0010] \quad E(t) = \begin{cases} 0 & t < t_0 \\ I_0 \sqrt{\frac{1}{tb_t \sqrt{2\pi}}} \exp \left[\frac{-(\ln(t-t_0) - m_t)^2}{2b_t^2} \right] & t \geq t_0 \end{cases} \quad (2)$$

[0011] 基于以上模型,采用最优化方法并以地震动的累积能量为目标函数来确定相应的模型参数,从而完成双向地震动的选择。

[0012] 进一步的,所述步骤一的具体步骤是,选波标准为地震波在结构基本周期附近 $[T_1 - \Delta T_1, T_2 + \Delta T_2]$ 段和 $[0.1, T_g]$ 段加速度反应谱均值与设计反应谱在这两段的均值相差均不超过10%;其中: T_1 表示结构的第一基本自振周期; ΔT_1 表示第一自振周期的下偏差; ΔT_2 表示第一自振周期的上偏差; T_g 表示为场地的特征周期。

[0013] 进一步的,所述步骤二的具体步骤是,为了使得所选择的地震波的场地条件与建筑所在的场地条件相同,在选波的时候控制地震波的震级M、震中距R在一定的范围。

[0014] 进一步的,根据常用衰减规律模型结合PGA衰减规律模型最终得出的震级M和震中距R的范围。

[0015] 进一步的,所述步骤三中对齐原则为两条地震波强度包线水平段的中点或地震波加速度时程峰值点在同一时刻。

[0016] 本发明的有益效果是,本发明经过处理之后两两随机组合作为双向地震动输入的一种双向地震动选波方法,解决了对于需要考虑双向地震动输入的结构,实际工程中常按照单方向进行选波不能控制另一个方向的地震动与设计反应谱的误差的缺点,使得两个方向的地震动误差均进行了控制。

附图说明

[0017] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0018] 图1是地震波对齐示意图。

[0019] 图2是多层位移比为1.5钢筋混凝土结构层间位移角均值及变异系数对比图。

[0020] 图3是多层结构层间位移角均值对比图。

[0021] 图4是高层结构层间位移角均值对比图。

[0022] 图5是多层结构层间位移角变异系数对比图。

[0023] 图6是高层结构层间位移角变异系数对比图。

具体实施方式

[0024] 下面将结合本发明实施例中,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0025] 一种双向地震动的选波方法,具体按照以下四个步骤进行:

[0026] 步骤一:根据常用方法进行单向地震波的初选。选波标准为地震波在结构基本周期附近 $[T_1 - \Delta T_1, T_2 + \Delta T_2]$ 段和 $[0.1, T_g]$ 段加速度反应谱均值与设计反应谱在这两段的均值相差均不超过10%。其中: T_1 表示结构的第一基本自振周期; ΔT_1 表示第一自振周期的下偏差; ΔT_2 表示第一自振周期的上偏差; T_g 表示为场地的特征周期。

[0027] 步骤二:考虑场地条件对第一步选出的地震波进行二次挑选。为了使得所选择的地震波的场地条件与建筑所在的场地条件相同,在选波的时候控制地震波的震级M、震中距

R在一定的范围。本文根据常用衰减规律模型结合PGA衰减规律模型最终得出的震级M和震中距R的范围,见表1。

[0028] 表1震级M和震中距R变化范围

[0029]

设防烈度/地震分组	M范围	R范围 (km)
6度/第一组	[4.0,6.0]	[10,50]
6度/第二组	[5.0,7.0]	[11,80]
6度/第三组	>7.0	>80
7度/第一组	[5.5,7.0]	[20,80]
7度/第二组	[6.0,8.0]	[20,100]
7度/第三组	>7.0	>100
8度/第一组	[6.5,8.0]	[30,80]
8度/第二组	[7.0,9.0]	[50,150]
8度/第三组	>7.5	>110

[0030] 步骤三:随机组合挑选出来的地震动,并对每一对用于输入组合的地震波进行对齐操作。对齐原则为两条地震波强度包线水平段的中点或地震波加速度时程峰值点在同一时刻,对齐过程如图1所示。

[0031] 步骤四:计算每一对地震波强度包线模型E(t) (见公式1和2所示) 的参数:时间参数 t_0 、 t_1 、 t_2 、 b_t 、 m_t ;平稳段强度参数 I_0 和下降段衰减指数c。此外,模型的时间参数尚应满足约束条件: $t_0 \leq t_1 \leq t_2$;现有研究表明,实际地震记录的两个水平分量的强度包线基本一致,因此进行结构时程分析时应优先选用模型参数相近的地震输入组合。

[0032]
$$E(t) = \begin{cases} 0 & t < t_0 \\ I_0 \left(\frac{t-t_0}{t_1-t_0} \right)^2 & t_0 < t < t_1 \\ I_0 & t_1 < t < t_2 \\ I_0 e^{-c(t-t_2)} & t > t_2 \end{cases} \quad (1)$$

[0033]
$$E(t) = \begin{cases} 0 & t < t_0 \\ I_0 \sqrt{\frac{1}{tb_t \sqrt{2\pi}}} \exp \left[\frac{-(\ln(t-t_0) - m_t)^2}{2b_t^2} \right] & t \geq t_0 \end{cases} \quad (2)$$

[0034] 基于以上模型,可采用最优化方法并以地震动的累积能量为目标函数来确定相应的模型参数。

[0035] 本文提出的一种新的双向地震动选择方法按照以上四个步骤,对比分析了结构双向输入及单向输入下的区别并以混凝土框架结构为研究对象,设计六个X向存在偏心的单向偏心结构,其中三个4层结构:DC1.1,DC1.3和DC1.5;以及三个12层结构:GC1.1,GC1.3和GC1.5,结构编号中的数字如“1.1”等代表位移比。设防烈度为8度0.2g,场次类别为Ⅱ类,设计地震分组为第一组,地面粗造度为0.4kN/m²,基本风压为B类。

[0036] 本文选波方法与常规选波方法对比,分别按照工程常用方法和本文方法选取50组

天然记录,在SAP2000中对DC1.5结构进行双向地震动输入下的弹性及弹塑性分析,计算结果(包括顶点位移、底部剪力和层间位移角三个指标)的均值和变异系数(标准差与平均数的比值)见表2和图2(图例中C、B分别代表常用方法和本文方法,E、P分别代表弹性和弹塑性)。

[0037] 表2顶点位移和底部剪力对比

[0038]	弹性顶点位移		弹性底部剪力		弹塑性顶点位移		弹塑性底部剪力	
	均值	变异系数	均值	变异系数	均值	变异系数	均值	变异系数
	9.2247	0.1339	2786.91	0.1444	57.63	0.1994	9046.35	0.1320
[0039]	常规方法							
	本文方法							

[0040] 由表2可知,无论采用哪种选波方法,弹性和弹塑性情况下顶点位移和底部剪力的均值和变异系数都十分接近。就层间位移角而言,弹性和弹塑性下分别基于两种选波方法得到的均值基本相同但变异系数有明显差异,即采用本文方法可以得到更小的层间位移角变异系数。在实际工程中层间位移角最能反映结构的损伤状态,因此可以认为本文方法更优。

[0041] 下面分别考虑弹性和弹塑性及单向和双向输入情况,对所有结构均进行了70组地震动下的计算。考虑到层间位移角是结构分析时考察的重点,以下对不同输入情况下X向层间位移角的均值和变异系数进行对比分析(见图3-图6,图例中D、S分别代表单向和双向输入,E、P分别代表弹性和弹塑性),均值用以总结结构在单、双向输入下响应的差异。本文所有双向输入工况中,均以X为主方向,且控制主、次方向PGA比为1:0.85。

[0042] 由图3和图4可知,无论是弹性或者弹塑性,高层或者多层结构,双向输入下的计算结果都明显大于单向输入下的结果,且位移比越大时双向输入下结果的放大效应也越明显,即随着位移比的增大结构的X向层间位移角不断增大。除此之外,多层结构在弹塑性分析时,单、双向输入下结构最大层间位移角所在楼层不完全一致,这点也可看出考虑双向地震作用的必要性,即双向地震作用不仅仅在结构响应上可能有放大作用,还可能造成结构破坏楼层的转移。

[0043] 基于本文提出的选波方法,对于多层结构,当位移比为1.5时,弹塑性下结构下部单向输入结果的变异系数略大于双向输入结果,而随着位移比的减小,单向输入结果的变异系数逐渐减小至略小于双向输入结果。对于高层结构,弹塑性状态下结构下部单向输入结果的变异系数略大于或者基本等于双向输入。

[0044] 另外,多层结构在弹性分析时,不同楼层的层间位移角变异系数基本相同;而高层结构层间位移角变异系数沿楼层呈S形。多层和高层结构弹塑性分析时,结构上部的层间位

移角变异系数明显小于结构下部的对应值。考虑到结构下部已经进入弹塑性状态,而结构上部仍基本处于弹性状态,可以认为弹塑性下的变异系数远大于弹性下的变异系数。因此如果要想保证结果具有足够的保证率,在对结构进行弹性时程分析和弹塑性时程分析时,显然应该采用不同的输入样本容量。按照本文的选波方法建议弹性分析时常采用的“3+1”(三条天然波加一条人工波)输入组合可以保证结果具有较高的保证率,对于弹塑性分析建议采用“6+4”(六条天然波加四条人工波)或“7+4”(七条天然波加四条人工波)的输入组合来确保结果的可靠性。

[0045] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并非用于限定本发明的保护范围。凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换、改进等,均包含在本发明的保护范围内。

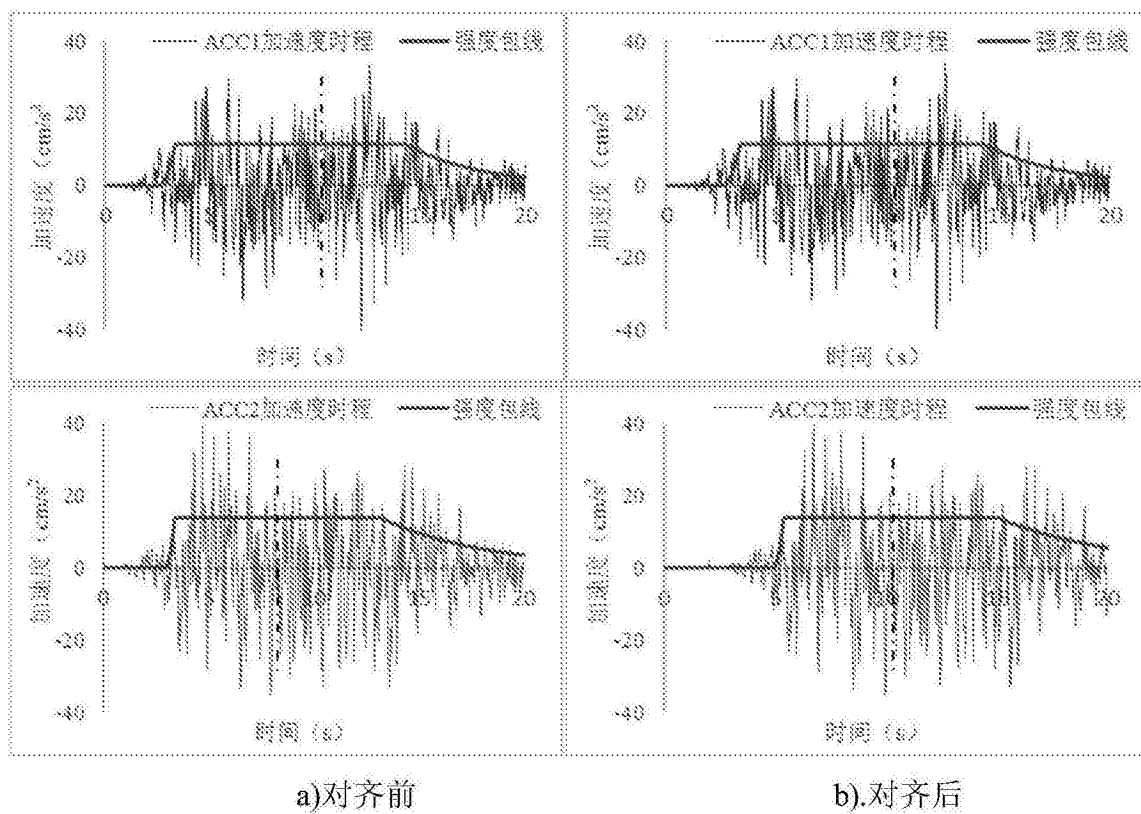


图1

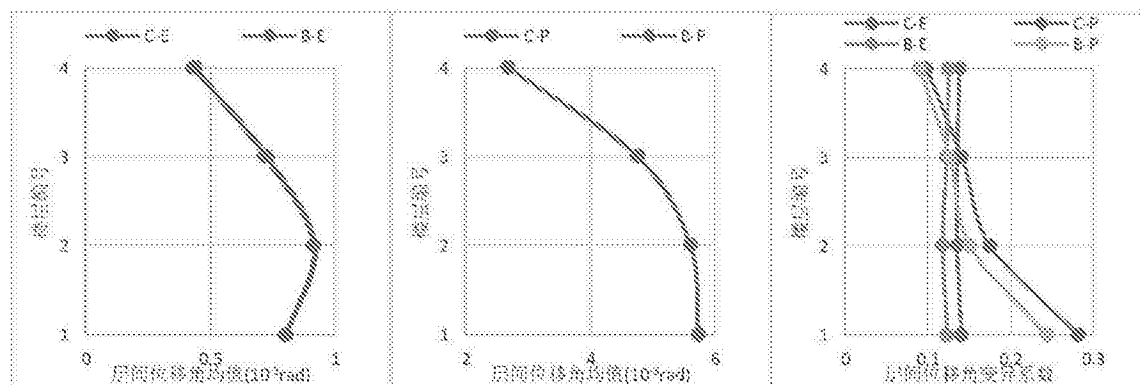


图2

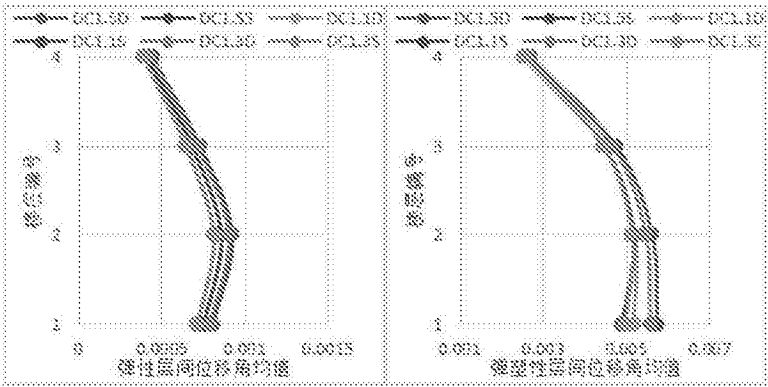


图3

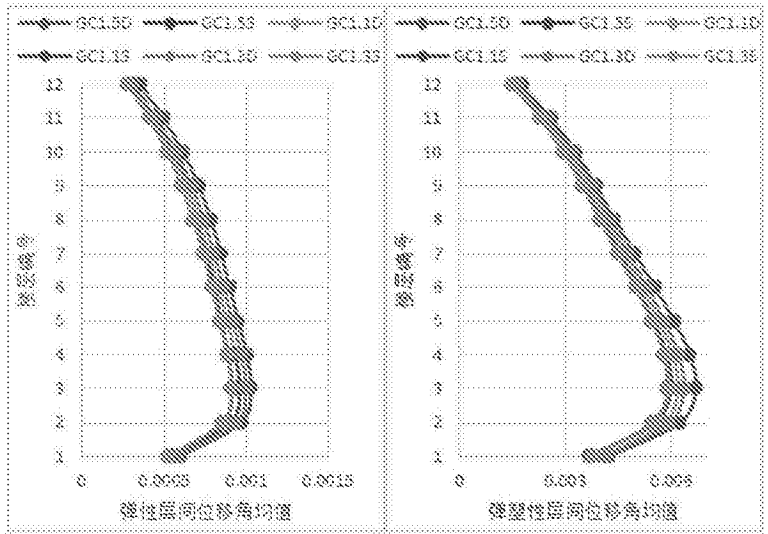


图4

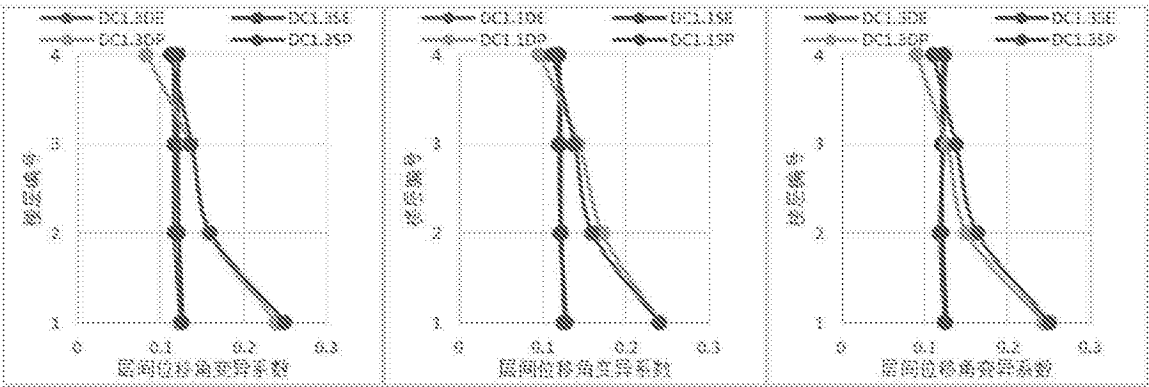


图5

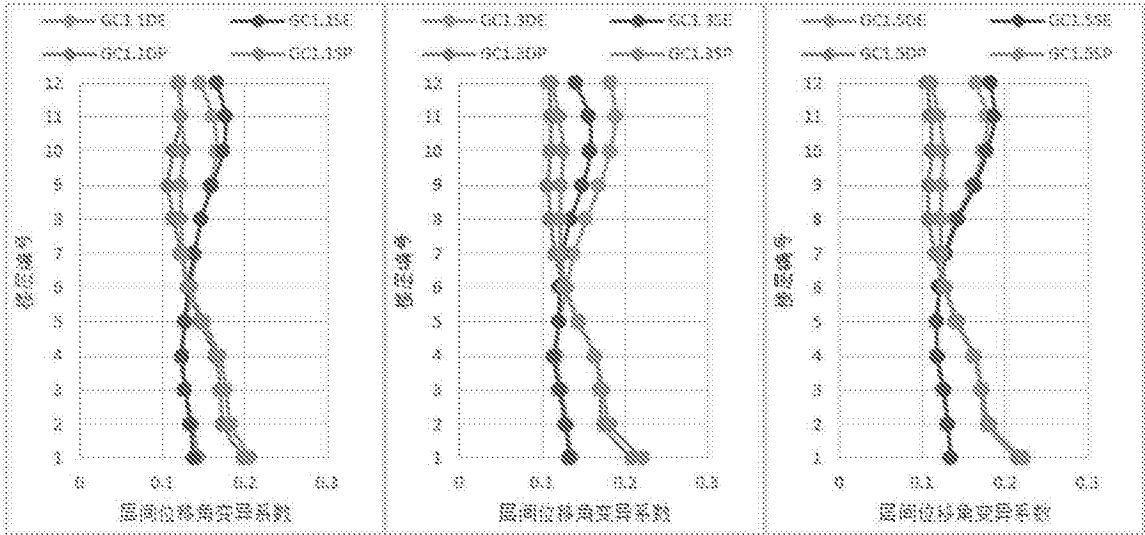


图6