



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 110736573 B

(45)授权公告日 2020.07.17

(21)申请号 201911028379.6

(22)申请日 2019.10.28

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110736573 A

(43)申请公布日 2020.01.31

(73)专利权人 南京航空航天大学
地址 210016 江苏省南京市秦淮区御道街
29号

(72)发明人 王单 王健

(74)专利代理机构 北京高沃律师事务所 11569
代理人 刘凤玲

(51)Int.Cl.
G01L 1/04(2006.01)

(56)对比文件

CN 1754030 A,2006.03.29,
CN 109406741 A,2019.03.01,
CN 105740548 A,2016.07.06,
CN 1754030 A,2006.03.29,
CN 104458414 A,2015.03.25,
CN 1051222 A,1991.05.08,
CN 110188471 A,2019.08.30,
EP 3312555 A1,2018.04.25,
US 8813396 B2,2014.08.26,
US 2018142477 A1,2018.05.24,
US 2007063365 A1,2007.03.22,
罗刚.中美荷载规范雪荷载计算方法的比较.《安徽建筑-结构设计与研究应用》.2010,
审查员 孙溪

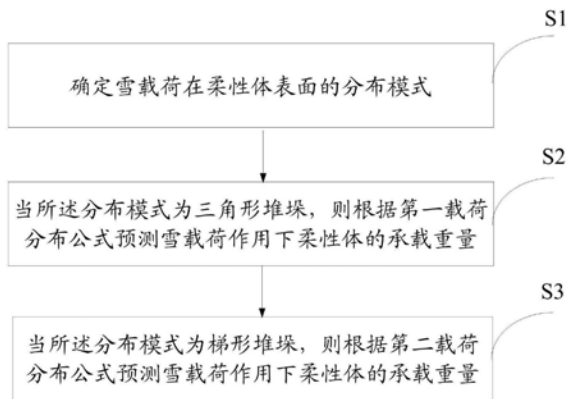
权利要求书3页 说明书8页 附图9页

(54)发明名称

一种基于雪载荷作用下柔性体承载重量预测方法及系统

(57)摘要

本发明公开一种基于雪载荷作用下柔性体承载重量预测方法及系统,所述预测方法确定雪载荷在柔性体表面的分布模式;当所述分布模式为三角形堆垛,则根据第一载荷分布公式预测雪载荷作用下柔性体的承载重量;当所述分布模式为梯形堆垛,则根据第二载荷分布公式预测雪载荷作用下柔性体的承载重量,从而实现对雪灾的预防及检测;可见采用本发明中的方法进行预测,无需针对不同的柔性体进行不同实验,因此降低了实验方法的工作量。



1. 一种基于雪载荷作用下柔性体承载重量预测方法,其特征在于,所述预测方法包括:
确定雪载荷在柔性体表面的分布模式;

当所述分布模式为三角形堆垛,则根据第一载荷分布公式预测雪载荷作用下柔性体的承载重量,具体公式为:

$$W_f = \rho g L^2 \int_0^1 H(t) dt;$$

其中, $t=s/L$, s 为弧长, ρ 为雪载荷的密度, g 为重力加速度, L 为长度, $H(t)$ 为第一雪载荷分布高度函数;

所述第一载荷分布公式为:

$$\begin{cases} \frac{dH(t)}{dt} = \begin{cases} -\tan\alpha \cos\theta + \sin\theta & \theta < \alpha \\ 0 & \text{其他情况;} \end{cases} \\ \theta''' + \theta'\theta'' \tan\theta = CY(H(t)+M)\cos^2\theta \end{cases}$$

其中, $H(t)$ 为第一雪载荷分布高度函数, α 为雪载荷与柔性体表面作用的最大摩擦角, θ 为变形后弧长 s 处梁截面法向与变形前截面法向的夹角, $t=s/L$, s 为弧长, L 为长度,自重影响因子 $M=m/\rho L$, ρ 为雪载荷的密度, m 为质量,柯西数 $CY=\rho g L^4/B$, g 为重力加速度, B 为柔度;

当所述分布模式为梯形堆垛,则根据第二载荷分布公式预测雪载荷作用下柔性体的承载重量,具体公式为:

$$W_f = \rho g L^2 \int_0^1 H(u) du;$$

其中, $u=1-t$, $t=s/L$, s 为弧长, ρ 为雪载荷的密度, g 为重力加速度, L 为长度, $H(u)$ 为第二雪载荷分布高度函数;

所述第二载荷分布公式为:

$$\begin{cases} \frac{dH(t)}{dt} = \begin{cases} -\tan\alpha \cos\theta + \sin\theta & \theta < \alpha \text{ 且 } h < h_c \\ 0 & \text{其他情况} \end{cases}; \\ -\theta''' - \theta'\theta'' \tan\theta = CY(H(u)+M)\cos^2\theta, u=1-t \end{cases}$$

其中, $H(u)$ 为第二雪载荷分布高度函数, α 为雪载荷与柔性体表面作用的最大摩擦角, θ 为变形后弧长 s 处梁截面法向与变形前截面法向的夹角, $t=s/L$, s 为弧长, L 为长度,自重影响因子 $M=m/\rho L$, ρ 为雪载荷的密度, m 为质量,柯西数 $CY=\rho g L^4/B$, g 为重力加速度, B 为柔度, h_c 为临界高度。

2. 根据权利要求1所述的基于雪载荷作用下柔性体承载重量预测方法,其特征在于,所述预测方法还包括:

根据所述柔性体的承载重量确定柔性体的结构变形度。

3. 根据权利要求2所述的基于雪载荷作用下柔性体承载重量预测方法,其特征在于,所述根据所述柔性体的承载重量确定柔性体的结构变形度,具体公式为:

$$\mathfrak{R} = \frac{W_f}{\frac{1}{2} \rho g L^2 \tan\alpha};$$

其中, W_f 为柔性体的承载重量, ρ 为雪载荷的密度, g 为重力加速度, L 为长度, α 为雪载荷与柔性体表面作用的最大摩擦角。

4. 根据权利要求1所述的基于雪载荷作用下柔性体承载重量预测方法, 其特征在于, 所述当所述分布模式为三角形堆垛, 则根据第一载荷分布公式预测雪载荷作用下柔性体的承载重量, 具体包括:

根据第一载荷分布公式确定第一雪载荷分布高度函数;

根据所述第一雪载荷分布高度函数确定柔性体的承载重量。

5. 根据权利要求1所述的基于雪载荷作用下柔性体承载重量预测方法, 其特征在于, 所述当所述分布模式为梯形堆垛, 则根据第二载荷分布公式预测雪载荷作用下柔性体的承载重量, 具体包括:

根据第二载荷分布公式确定第二雪载荷分布高度函数;

根据所述第二雪载荷分布高度函数确定柔性体的承载重量。

6. 一种基于雪载荷作用下柔性体承载重量预测系统, 其特征在于, 所述预测系统包括:

分布模式确定模块, 用于确定雪载荷在柔性体表面的分布模式;

第一承载重量确定模块, 用于当所述分布模式为三角形堆垛, 则根据第一载荷分布公式预测雪载荷作用下柔性体的承载重量, 具体公式为:

$$W_f = \rho g L^2 \int_0^1 H(t) dt ;$$

其中, $t = s/L$, s 为弧长, ρ 为雪载荷的密度, g 为重力加速度, L 为长度, $H(t)$ 为第一雪载荷分布高度函数;

所述第一载荷分布公式为:

$$\begin{cases} \frac{dH(t)}{dt} = \begin{cases} -\tan\alpha \cos\theta + \sin\theta & \theta < \alpha \\ 0 & \text{其他情况;} \end{cases} \\ \theta''' + \theta'\theta'' \tan\theta = CY(H(t) + M)\cos^2\theta \end{cases}$$

其中, $H(t)$ 为第一雪载荷分布高度函数, α 为雪载荷与柔性体表面作用的最大摩擦角, θ 为变形后弧长 s 处梁截面法向与变形前截面法向的夹角, $t = s/L$, s 为弧长, L 为长度, 自重影响因子 $M = m/\rho L$, ρ 为雪载荷的密度, m 为质量, 柯西数 $CY = \rho g L^4/B$, g 为重力加速度, B 为柔度;

第二承载重量确定模块, 用于当所述分布模式为梯形堆垛, 则根据第二载荷分布公式预测雪载荷作用下柔性体的承载重量, 具体公式为:

$$W_f = \rho g L^2 \int_0^1 H(u) du ;$$

其中, $u = 1-t$, $t = s/L$, s 为弧长, ρ 为雪载荷的密度, g 为重力加速度, L 为长度, $H(u)$ 为第二雪载荷分布高度函数;

所述第二载荷分布公式为:

$$\begin{cases} \frac{dH(t)}{dt} = \begin{cases} -\tan\alpha \cos\theta + \sin\theta & \theta < \alpha \text{ 且 } h < h_c \\ 0 & \text{其他情况} \end{cases} ; \\ -\theta''' - \theta'\theta'' \tan\theta = CY(H(u) + M)\cos^2\theta, u = 1-t \end{cases}$$

其中, $H(u)$ 为第二雪载荷分布高度函数, α 为雪载荷与柔性体表面作用的最大摩擦角, θ 为变形后弧长 s 处梁截面法向与变形前截面法向的夹角, $t=s/L$, s 为弧长, L 为长度,自重影响因子 $M=m/\rho L$, ρ 为雪载荷的密度, m 为质量,柯西数 $CY=\rho g L^4/B$, g 为重力加速度, B 为柔度, h_c 为临界高度。

7.根据权利要求6所述的基于雪载荷作用下柔性体承载重量预测系统,其特征在于,所述第一承载重量确定模块,具体包括:

第一雪载荷分布高度函数确定单元,用于根据第一载荷分布公式确定第一雪载荷分布高度函数;

第一承载重量确定单元,用于根据所述第一雪载荷分布高度函数确定柔性体的承载重量。

8.根据权利要求6所述的基于雪载荷作用下柔性体承载重量预测系统,其特征在于,所述第二承载重量确定模块,具体包括:

第二雪载荷分布高度函数确定单元,用于根据第二载荷分布公式确定第二雪载荷分布高度函数;

第二承载重量确定单元,用于根据所述第二雪载荷分布高度函数确定柔性体的承载重量。

一种基于雪载荷作用下柔性体承载重量预测方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及柔性结构的承载能力测试技术领域,特别是涉及一种基于雪载荷作用下柔性体承载重量预测方法及系统。

背景技术

[0002] 风中摇曳的柳树,水中摆动的水藻以及被雪压弯的树枝等都是大自然中常见的现象,这些柔性结构都蕴藏着一种智慧,即通过自身的结构变形降低了承受的外力载荷,从而提高自身的承载能力。研究柔性系统的阻力问题在生物、农业和森林业中有着重要的意义,如理解植物对于它们生存环境的适应性,预测和阻止农作物倒伏和强风把树连根拔起等现象。

[0003] 柔性体的结构变形减小阻力对于工程中也十分有借鉴意义。工程中的结构大部分都是刚性的,刚性的结构在承受荷载时不发生显著的变形,但是相应承担的阻力也比较大。因此,在某些环境下,对变形要求不高时,可以考虑用柔性结构来降低承载阻力。目前,相关的工程例子有锥概念的风力发电机,微型飞行汽车的柔性机翼,拍动翼推进和烂泥污水处理过程中气体通过中空的柔性纤维转移等。

[0004] 在雪灾严重的地区,树枝、房屋等往往被压得变形得很厉害,每年因为雪载荷造成的经济损失也十分显著。自然界的雪因为成分的复杂性,还会混有白霜、冰之类,直接研究有很大的局限性。目前,对于柔性体在风载与流体载荷作用下的承载力分析都已经有了相关的理论工作,但是对于固体载荷作用下柔性体的承载作用,比如雪载荷作用下树枝的承载力分析,主要是基于实验的方法,研究雪的密度、凝聚力等参数对于承载力的影响,即针对不同的柔性体都需要进行不同实验,难以得到通用性的结论,因此实验方法工作量大。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种基于雪载荷作用下柔性体承载重量预测方法及系统,预测在雪载荷作用下柔性体承受重量以及结构变形度,从而实现对雪灾的预防及检测。

[0006] 为实现上述目的,本发明提供了一种基于雪载荷作用下柔性体承载重量预测方法,所述预测方法包括:

[0007] 确定雪载荷在柔性体表面的分布模式;

[0008] 当所述分布模式为三角形堆垛,则根据第一载荷分布公式预测雪载荷作用下柔性体的承载重量;

[0009] 当所述分布模式为梯形堆垛,则根据第二载荷分布公式预测雪载荷作用下柔性体的承载重量。

[0010] 可选的,所述预测方法还包括:

[0011] 根据所述柔性体的承载重量确定柔性体的结构变形度。

[0012] 可选的,所述根据所述柔性体的承载重量确定柔性体的结构变形度,具体公式为:

$$[0013] \quad \mathfrak{R} = \frac{W_f}{\frac{1}{2} \rho g L^2 \tan \alpha};$$

[0014] 其中, W_f 为柔性体的承载重量, ρ 为雪载荷的密度, g 为重力加速度, L 为长度, α 为雪载荷与柔性体表面作用的最大摩擦角。

[0015] 可选的, 所述当所述分布模式为三角形堆垛, 则根据第一载荷分布公式预测雪载荷作用下柔性体的承载重量, 具体包括:

[0016] 根据第一载荷分布公式确定第一雪载荷分布高度函数;

[0017] 根据所述第一雪载荷分布高度函数确定柔性体的承载重量。

[0018] 可选的, 所述当所述分布模式为梯形堆垛, 则根据第二载荷分布公式预测雪载荷作用下柔性体的承载重量, 具体包括:

[0019] 根据第二载荷分布公式确定第二雪载荷分布高度函数;

[0020] 根据所述第二雪载荷分布高度函数确定柔性体的承载重量。

[0021] 可选的, 所述第一载荷分布公式为:

$$[0022] \quad \begin{cases} \frac{dH(t)}{dt} = \begin{cases} -\tan \alpha \cos \theta + \sin \theta & \theta < \alpha \\ 0 & \text{其他情况;} \end{cases} \\ \theta''' + \theta' \theta'' \tan \theta = CY(H(t) + M) \cos^2 \theta \end{cases}$$

[0023] 其中, $H(t)$ 为第一雪载荷分布高度函数, α 为雪载荷与柔性体表面作用的最大摩擦角, θ 为变形后弧长 s 处梁截面法向与变形前截面法向的夹角, $t = s/L$, s 为弧长, L 为长度, 自重影响因子 $M = m/\rho L$, ρ 为雪载荷的密度, m 为质量, 柯西数 $CY = \rho g L^4/B$, g 为重力加速度, B 为柔度。

[0024] 可选的, 所述第二载荷分布公式为:

$$[0025] \quad \begin{cases} \frac{dH(t)}{dt} = \begin{cases} -\tan \alpha \cos \theta + \sin \theta & \theta < \alpha \text{ 且 } h < h_c \\ 0 & \text{其他情况} \end{cases}; \\ -\theta''' - \theta' \theta'' \tan \theta = CY(H(u) + M) \cos^2 \theta, u = 1 - t \end{cases}$$

[0026] 其中, $H(u)$ 为第二雪载荷分布高度函数, α 为雪载荷与柔性体表面作用的最大摩擦角, θ 为变形后弧长 s 处梁截面法向与变形前截面法向的夹角, $t = s/L$, s 为弧长, L 为长度, 自重影响因子 $M = m/\rho L$, ρ 为雪载荷的密度, m 为质量, 柯西数 $CY = \rho g L^4/B$, g 为重力加速度, B 为柔度, h_c 为临界高度。

[0027] 本发明还提供一种基于雪载荷作用下柔性体承载重量预测系统, 所述预测系统包括:

[0028] 分布模式确定模块, 用于确定雪载荷在柔性体表面的分布模式;

[0029] 第一承载重量确定模块, 用于当所述分布模式为三角形堆垛, 则根据第一载荷分布公式预测雪载荷作用下柔性体的承载重量;

[0030] 第二承载重量确定模块, 用于当所述分布模式为梯形堆垛, 则根据第二载荷分布公式预测雪载荷作用下柔性体的承载重量。

[0031] 可选的, 所述第一承载重量确定模块, 具体包括:

[0032] 第一雪载荷分布高度函数确定单元, 用于根据第一载荷分布公式确定第一雪载荷

分布高度函数；

[0033] 第一承载重量确定单元,用于根据所述第一雪载荷分布高度函数确定柔性体的承载重量。

[0034] 可选的,所述第二承载重量确定模块,具体包括:

[0035] 第二雪载荷分布高度函数确定单元,用于根据第二载荷分布公式确定第二雪载荷分布高度函数;

[0036] 第二承载重量确定单元,用于根据所述第二雪载荷分布高度函数确定柔性体的承载重量。

[0037] 根据本发明提供的具体实施例,本发明公开了以下技术效果:

[0038] 本发明公开一种基于雪载荷作用下柔性体承载重量预测方法及系统,所述预测方法确定雪载荷在柔性体表面的分布模式;当所述分布模式为三角形堆垛,则根据第一载荷分布公式预测雪载荷作用下柔性体的承载重量;当所述分布模式为梯形堆垛,则根据第二载荷分布公式预测雪载荷作用下柔性体的承载重量,从而实现对雪灾的预防及检测;可见采用本发明中的方法进行预测,无需针对不同的柔性体进行不同实验,因此降低了实验方法的工作量。

附图说明

[0039] 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。

[0040] 图1为本发明实施例基于雪载荷作用下柔性体承载重量预测方法流程图;

[0041] 图2为本发明实施例三角形堆垛与梯形堆垛示意图;

[0042] 图3为本发明实施例最大摩擦角的确定示意图;

[0043] 图4为本发明实施例柔性体受力示意图;

[0044] 图5为本发明实施例基于雪载荷作用下柔性体承载重量预测系统结构图;

[0045] 图6为本发明实施例三角形堆垛下梁的承受载荷与柯西数、自重因子之间的关系图;

[0046] 图7为本发明实施例梯形堆垛下梁的承受载荷与柯西数、自重因子之间的关系图。

具体实施方式

[0047] 下面将结合本发明实施例中的附图,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。

[0048] 本发明的目的是提供一种基于雪载荷作用下柔性体承载重量预测方法及系统,预测在雪载荷作用下柔性体承受重量以及结构变形度,从而实现对雪灾的预防及检测。

[0049] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0050] 图1为本发明实施例基于雪载荷作用下柔性体承载重量预测方法流程图,如图1所示,本发明提供一种基于雪载荷作用下柔性体承载重量预测方法,所述预测方法包括:

[0051] 步骤S1:确定雪载荷在柔性体表面的分布模式;

[0052] 步骤S2:当所述分布模式为三角形堆垛,则根据第一载荷分布公式预测雪载荷作用下柔性体的承载重量;

[0053] 步骤S3:当所述分布模式为梯形堆垛,则根据第二载荷分布公式预测雪载荷作用下柔性体的承载重量。

[0054] 本发明所述预测方法还包括:

[0055] 步骤S4:根据所述柔性体的承载重量确定柔性体的结构变形度,具体公式为:

$$[0056] \quad \mathfrak{R} = \frac{W_f}{\frac{1}{2} \rho g L^2 \tan \alpha};$$

[0057] 其中, W_f 为柔性体的承载重量, ρ 为雪载荷的密度, g 为重力加速度, L 为长度, α 为雪载荷与柔性体表面作用的最大摩擦角。

[0058] 下面对各个步骤进行详细论述:

[0059] 步骤S1:确定雪载荷在柔性体表面的分布模式,如图2所示,本发明所述分布模式包括三角形堆垛和梯形堆垛,图2中的(a)为三角形堆垛,图2中的(b)为三角形堆垛中弧长 s 是经过截面质心的曲线,图2中的(c)为梯形堆垛,图2中的(d)为梯形堆垛中弧长 s 是经过截面质心的曲线。

[0060] 步骤S2:当所述分布模式为三角形堆垛,则根据第一载荷分布公式预测雪载荷作用下柔性体的承载重量,具体包括:

[0061] 步骤S21:根据第一载荷分布公式确定第一雪载荷分布高度函数,具体包括:

[0062] 图4为本发明实施例柔性体受力示意图,如图4所示,弧长 s 是经过截面质心的曲线, θ 为变形后弧长 s 处梁截面法向与变形前截面法向的夹角, h 为变形后弧长 s 处梁截面的高度(厚度),下面以三角形堆垛为例,推导梁的控制方程,具体推导过程如下:

[0063] 建立大变形梁中的弯矩与转角之间的关系式:

$$[0064] \quad M = B \frac{\delta\theta}{\delta s} \quad (1)$$

[0065] 其中, B 为柔度, θ 为变形后弧长 s 处梁截面法向与变形前截面法向的夹角, s 为弧长;

[0066] 对弯矩求微分有:

$$[0067] \quad \frac{dM}{ds} = F_s \quad (2)$$

[0068] 力的平衡关系:

[0069] X方向:

$$[0070] \quad d(F_s \sin\theta) - d(F_T \cos\theta) = 0 \quad (3)$$

[0071] 其中, F_T 为截取微段上沿着弧长切向的力, F_s 为截取微段上沿着弧长法线方向的力, $d()$ 为力在截取的微单元内的增量。

[0072] Y方向:

[0073] $d(F_s \cos \theta) + d(F_T \sin \theta) = \rho g h dx + mg dx$ (4)

[0074] 其中, h 为梁截面的高度,

[0075] 几何关系为:

[0076] $dx = ds \cos \theta$ (5)

[0077] 由(1)式和(2)式得:

[0078] $F_s = B \theta''$ (6)

[0079] 从式(3)推出:

[0080] $F_T = F_s \tan \theta + C = B \theta'' \tan \theta + C$ (7)

[0081] 梁的自由端的边界条件为 $F_s = F_T = 0$, 代入(7)式可以求出常数 $C = 0$, 则公式(7)整理得:

[0082] $F_T = B \theta'' \tan \theta$ (8)

[0083] 将(8)式代入(4)式, 化简之后可以导出变形梁的平衡方程:

[0084] $B \theta''' + B \theta'' \theta' \tan \theta = \rho g h \cos^2 \theta + mg \cos^2 \theta = \rho g \left(h + \frac{m}{\rho} \right) \cos^2 \theta$ (9)

[0085] 定义以下无量纲化坐标及无量纲量:

[0086] $t = s/L, H = h/L, CY = \frac{\rho g L^4}{B}, M = \frac{m}{\rho L}$ (10)

[0087] 则将公式(10)代入公式(9)确定所述第一载荷分布公式为:

[0088]
$$\begin{cases} \frac{dH(t)}{dt} = \begin{cases} -\tan \alpha \cos \theta + \sin \theta & \theta < \alpha \\ 0 & \text{其他情况;} \end{cases} \\ \theta''' + \theta' \theta'' \tan \theta = CY(H(t) + M) \cos^2 \theta \end{cases}$$

[0089] 其中, $H(t)$ 为第一雪载荷分布高度函数, θ 为变形后弧长 s 处梁截面法向与变形前截面法向的夹角, $t = s/L$, s 为弧长, L 为长度, 自重影响因子 $M = m/\rho L$, ρ 为雪载荷的密度, m 为质量, 柯西数 $CY = \rho g L^4/B$, g 为重力加速度, B 为柔度, α 为雪载荷与柔性体表面作用的最大摩擦角, 如图3所示, 用小颗粒模拟雪载荷, 由于内聚力作用, 颗粒将在基底表面进行堆垛, 能够堆积的最大角度记为最大摩擦角。

[0090] 最后根据所述第一载荷分布公式确定第一雪载荷分布高度函数 $H(t)$ 。

[0091] 步骤S22: 根据所述第一雪载荷分布高度函数确定柔性体的承载重量, 具体公式为:

[0092] $W_f = \rho g L^2 \int_0^1 H(t) dt;$

[0093] 其中, $t = s/L$, s 为弧长, ρ 为雪载荷的密度, g 为重力加速度, L 为长度, $H(t)$ 为第一雪载荷分布高度函数。

[0094] 步骤S3: 所述当所述分布模式为梯形堆垛, 则根据第二载荷分布公式预测雪载荷作用下柔性体的承载重量, 具体包括:

[0095] 步骤S31: 根据第二载荷分布公式确定第二雪载荷分布高度函数 $H(u)$; 具体确定过程与确定第二载荷分布公式相类似, 具体不再一一赘述。所述第二载荷分布公式为:

$$[0096] \quad \begin{cases} \frac{dH(t)}{dt} = \begin{cases} -\tan\alpha \cos\theta + \sin\theta & \theta < \alpha \text{ 且 } h < h_c \\ 0 & \text{其他情况} \end{cases} ; \\ -\theta''' - \theta'\theta'' \tan\theta = CY(H(u)+M)\cos^2\theta, u=1-t \end{cases}$$

[0097] 其中, $H(u)$ 为第二雪载荷分布高度函数, α 为雪载荷与柔性体表面作用的最大摩擦角, θ 为变形后弧长 s 处梁截面法向与变形前截面法向的夹角, $t=s/L$, s 为弧长, L 为长度, 自重影响因子 $M=m/\rho L$, ρ 为雪载荷的密度, m 为质量, 柯西数 $CY=\rho g L^4/B$, g 为重力加速度, B 为柔度, h_c 为临界高度, 柔度 $B=EI/W$, 临界高度 $h_c=\tan\alpha \cdot W/2L$, E 为弹性模量, I 是梁截面的惯性矩, W 为宽度。

[0098] 弹性模量 $E=mgx_0/(bh^3/12)$, 其中, b 为梁截面的宽度, h 为梁截面的高度(厚度), mgx_0 为固定端的弯矩。

[0099] 最后根据所述第二载荷分布公式确定第二雪载荷分布高度函数 $H(u)$ 。

[0100] 步骤S32: 根据所述第二雪载荷分布高度函数确定柔性体的承载重量, 具体公式为:

$$[0101] \quad W_f = \rho g L^2 \int_0^1 H(u) du ;$$

[0102] 其中, $u=1-t$, $t=s/L$, s 为弧长, ρ 为雪载荷的密度, g 为重力加速度, L 为长度, $H(u)$ 为第二雪载荷分布高度函数。

[0103] 图5为本发明实施例基于雪载荷作用下柔性体承载重量预测系统结构图, 如图5所示, 本发明还提供一种基于雪载荷作用下柔性体承载重量预测系统, 所述预测系统包括:

[0104] 分布模式确定模块1, 用于确定雪载荷在柔性体表面的分布模式;

[0105] 第一承载重量确定模块2, 用于当所述分布模式为三角形堆垛, 则根据第一载荷分布公式预测雪载荷作用下柔性体的承载重量;

[0106] 第二承载重量确定模块3, 用于当所述分布模式为梯形堆垛, 则根据第二载荷分布公式预测雪载荷作用下柔性体的承载重量。

[0107] 所述预测系统还包括:

[0108] 结构变形度确定模块, 用于根据所述柔性体的承载重量确定柔性体的结构变形度, 具体公式为:

$$[0109] \quad \mathfrak{R} = \frac{W_f}{\frac{1}{2} \rho g L^2 \tan\alpha} ;$$

[0110] 其中, W_f 为柔性体的承载重量, ρ 为雪载荷的密度, g 为重力加速度, L 为长度, α 为雪载荷与柔性体表面作用的最大摩擦角。

[0111] 所述第一承载重量确定模块2, 具体包括:

[0112] 第一雪载荷分布高度函数确定单元, 用于根据第一载荷分布公式确定第一雪载荷分布高度函数; 所述第一载荷分布公式为:

$$[0113] \quad \begin{cases} \frac{dH(t)}{dt} = \begin{cases} -\tan \alpha \cos \theta + \sin \theta & \theta < \alpha \\ 0 & \text{其他情况} ; \end{cases} \\ \theta''' + \theta' \theta'' \tan \theta = CY(H(t) + M) \cos^2 \theta \end{cases}$$

[0114] 其中, $H(t)$ 为第一雪载荷分布高度函数, α 为雪载荷与柔性体表面作用的最大摩擦角, θ 为变形后弧长 s 处梁截面法向与变形前截面法向的夹角, $t = s/L$, s 为弧长, L 为长度, 自重影响因子 $M = m/\rho L$, ρ 为雪载荷的密度, m 为质量, 柯西数 $CY = \rho g L^4/B$, g 为重力加速度, B 为柔度。

[0115] 第一承载重量确定单元, 用于根据所述第一雪载荷分布高度函数确定柔性体的承载重量, 具体公式为:

$$[0116] \quad W_f = \rho g L^2 \int_0^1 H(t) dt ;$$

[0117] 其中, $t = s/L$, s 为弧长, ρ 为雪载荷的密度, g 为重力加速度, L 为长度, $H(t)$ 为第一雪载荷分布高度函数。

[0118] 所述第二承载重量确定模块3, 具体包括:

[0119] 第二雪载荷分布高度函数确定单元, 用于根据第二载荷分布公式确定第二雪载荷分布高度函数, 所述第二载荷分布公式为:

$$[0120] \quad \begin{cases} \frac{dH(t)}{dt} = \begin{cases} -\tan \alpha \cos \theta + \sin \theta & \theta < \alpha \text{ 且 } h < h_c \\ 0 & \text{其他情况} ; \end{cases} \\ -\theta''' - \theta' \theta'' \tan \theta = CY(H(u) + M) \cos^2 \theta, u = 1 - t \end{cases}$$

[0121] 其中, $H(u)$ 为第二雪载荷分布高度函数, α 为雪载荷与柔性体表面作用的最大摩擦角, θ 为变形后弧长 s 处梁截面法向与变形前截面法向的夹角, $t = s/L$, s 为弧长, L 为长度, 自重影响因子 $M = m/\rho L$, ρ 为雪载荷的密度, m 为质量, 柯西数 $CY = \rho g L^4/B$, g 为重力加速度, 柔度 $B = EI/W$, 临界高度 $h_c = \tan \alpha \cdot W/2L$, E 为弹性模量, I 是梁截面的惯性矩, W 为宽度。

[0122] 第二承载重量确定单元, 用于根据所述第二雪载荷分布高度函数确定柔性体的承载重量, 具体公式为:

$$[0123] \quad W_f = \rho g L^2 \int_0^1 H(u) du ;$$

[0124] 其中, $u = 1 - t$, $t = s/L$, s 为弧长, ρ 为雪载荷的密度, g 为重力加速度, L 为长度, $H(u)$ 为第二雪载荷分布高度函数。

[0125] 图6为本发明实施例三角形堆垛下梁的承受载荷与柯西数、自重因子之间的关系图; 如图6所示, 图6中 (a) 表示当 $\alpha = 30^\circ$ 和 $M = 0.01$ 时, 结构变形度与柯西数之间的关系; 图6中 (b) 表示当 $\alpha = 30^\circ$ 和 $M = 0.01$ 、 $CY = 0.01$ 梁的变形, 此时梁基本上是刚性的; 图6中 (c) 表示当 $\alpha = 30^\circ$ 和 $M = 0.01$ 、 $CY = 100$ 梁的变形, 此时梁有一定程度的变形; 图6中 (d) 表示当 α 分别等于 30° , 45° 和 60° 并且 $M = 0.01$ 时 \mathfrak{R} 随 CY 的变化曲线; 图6中 (e) 表示当 α 等于 30° , M 分别等于 0.1 , 0.01 和 0.001 时 \mathfrak{R} 随 CY 变化的曲线。

[0126] 图7为本发明实施例梯形堆垛下梁的承受载荷与柯西数、自重因子之间的关系图,

如图7所示,图7中(a)表示当 $\alpha=30^\circ$ 和 $M=0.01$ 时,结构变形度与柯西数之间的关系;图7中(b)表示当 $\alpha=30^\circ$ 和 $M=0.01$ 、 $CY=0.01$ 梁的变形,此时梁基本上是刚性的;图7中(c)表示当 $\alpha=30^\circ$ 和 $M=0.01$ 、 $CY=100$ 梁的变形,此时梁有一定程度的变形;图7中(d)表示当 α 分别等于 30° 、 45° 和 60° 并且 $M=0.01$ 时 \mathfrak{R} 随 CY 的变化曲线;图7中(e)表示当 α 等于 30° , M 分别等于 0.01 、 0.05 和 0.001 时 \mathfrak{R} 随 CY 变化的曲线。

[0127] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。对于实施例公开的系统而言,由于其与实施例公开的方法相对应,所以描述的比较简单,相关之处参见方法部分说明即可。

[0128] 本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处。综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

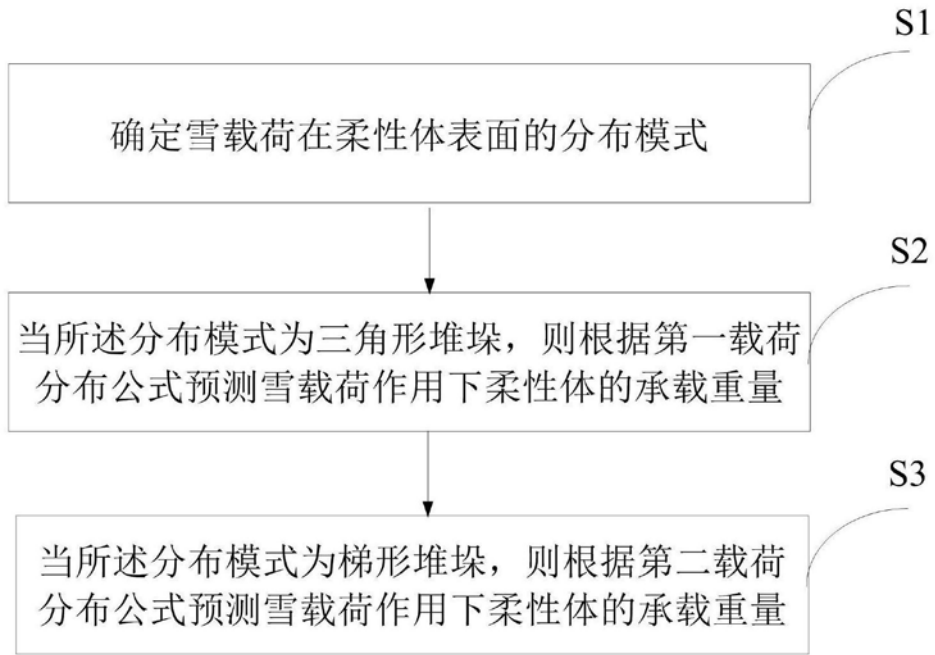
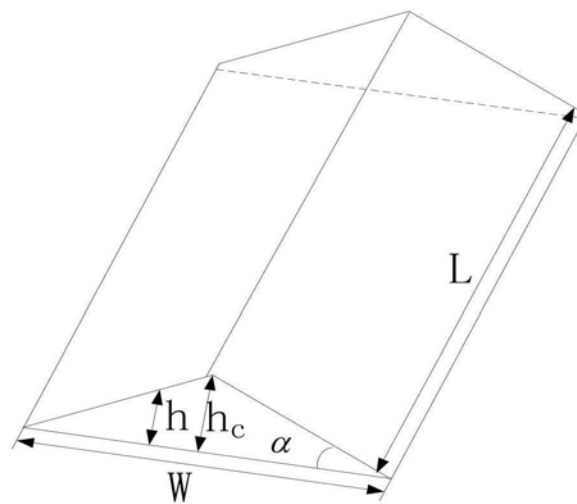
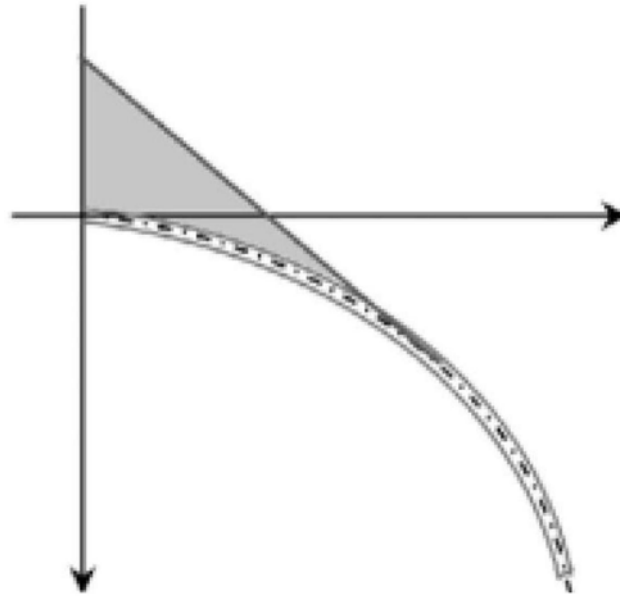


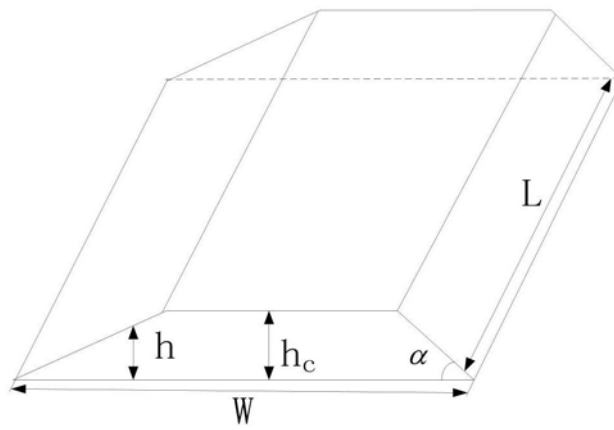
图1



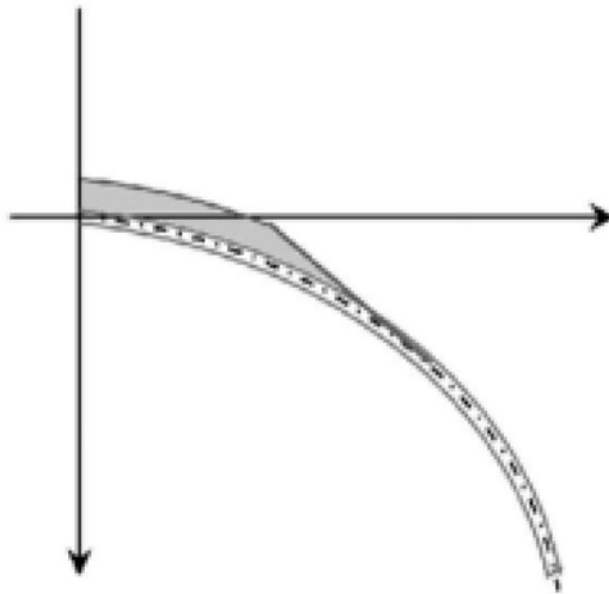
(a)



(b)



(c)



(d)

图2

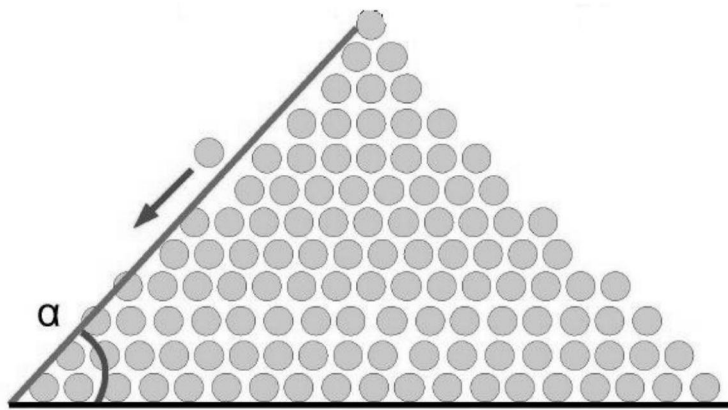


图3

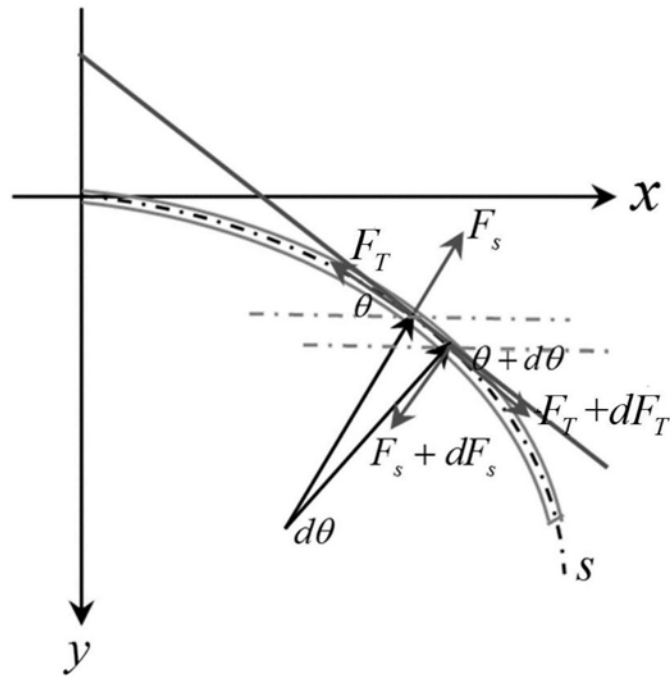


图4

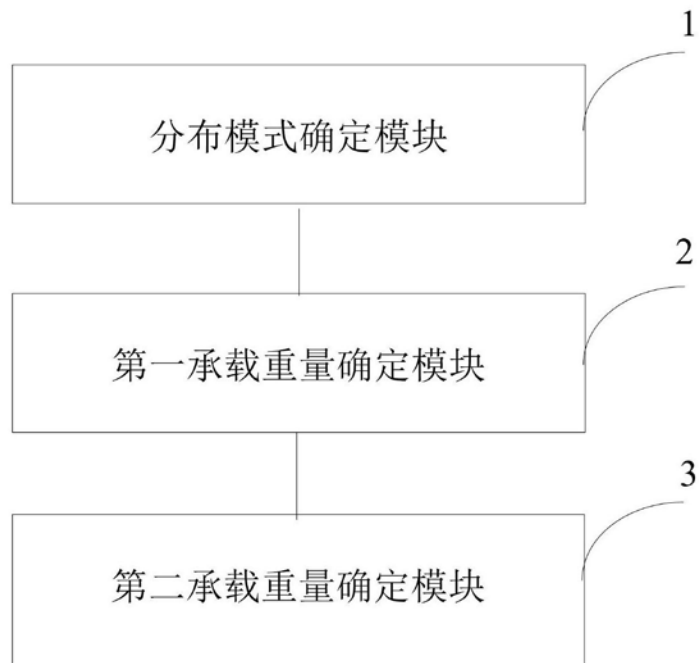
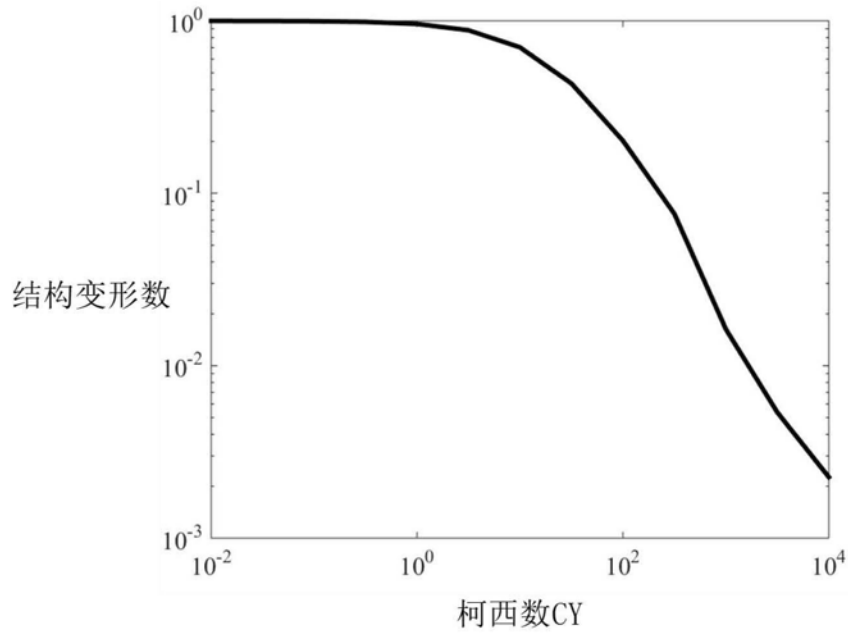
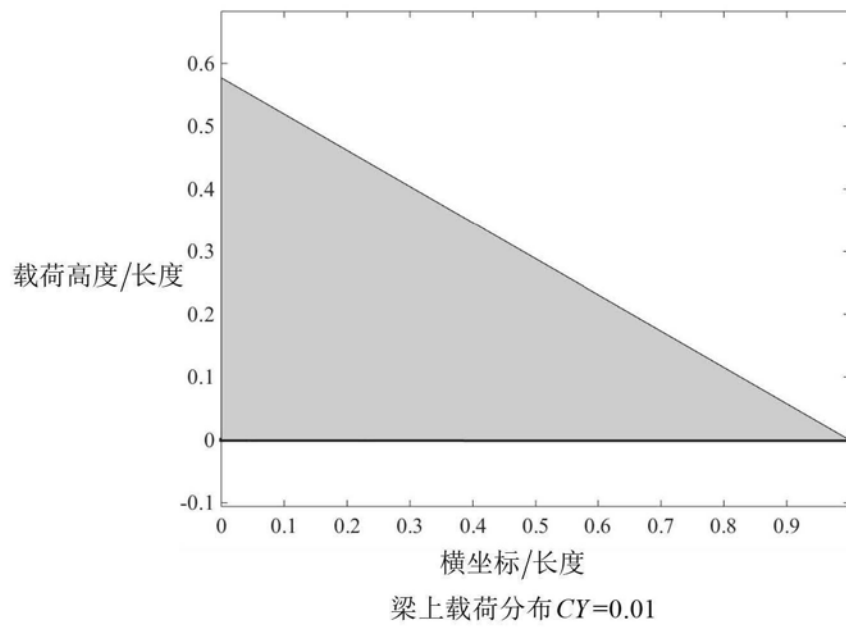


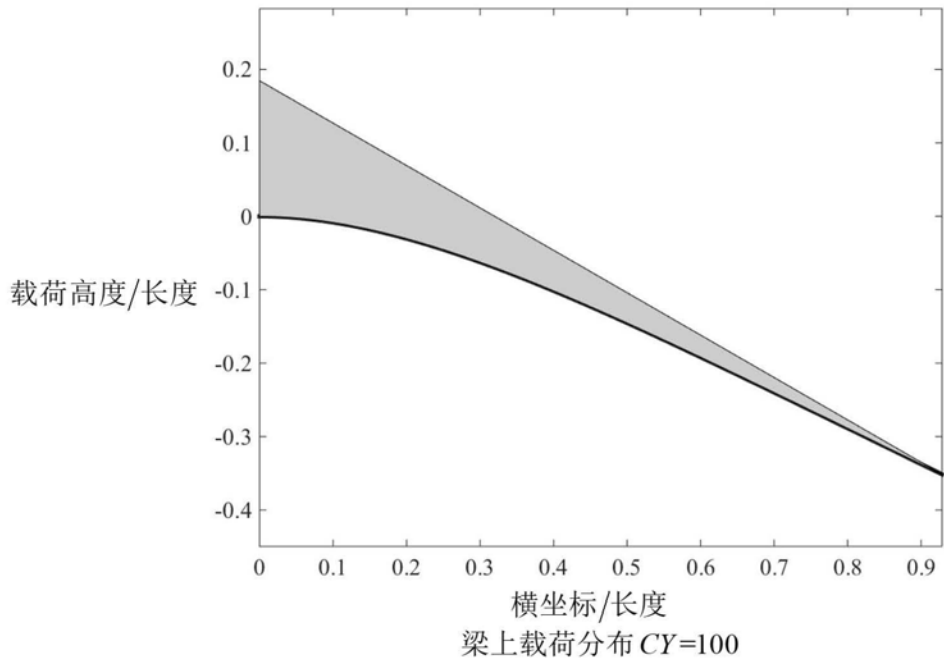
图5



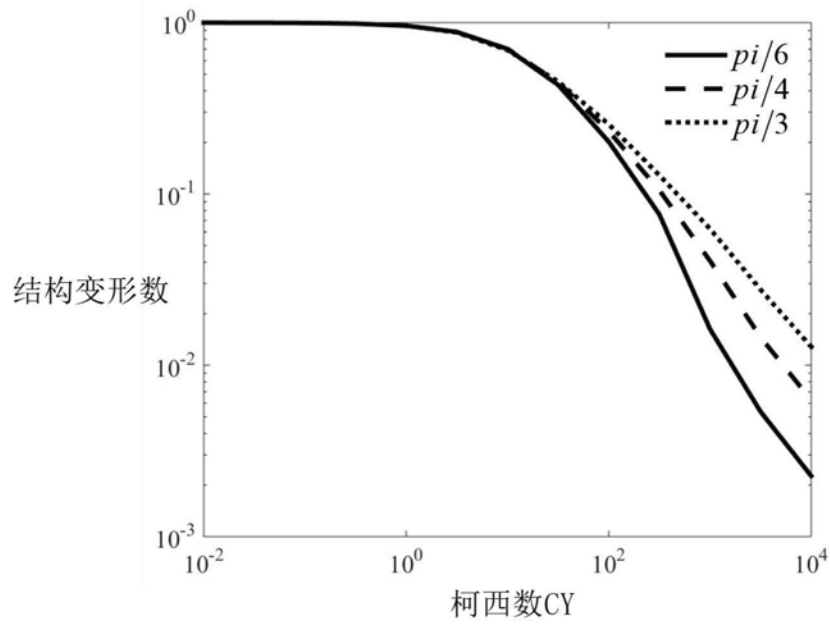
(a)



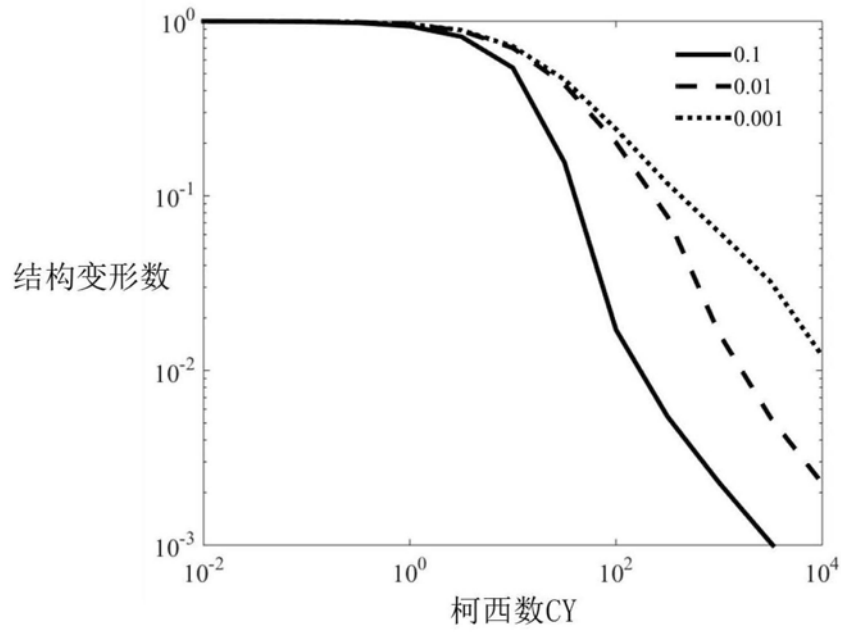
(b)



(c)

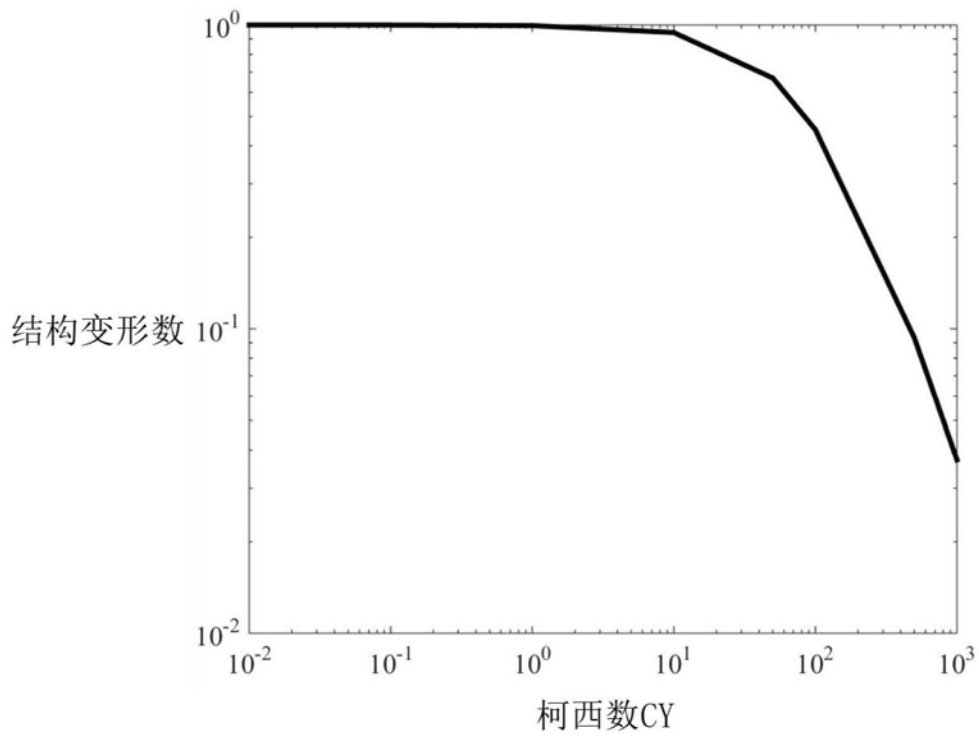


(d)

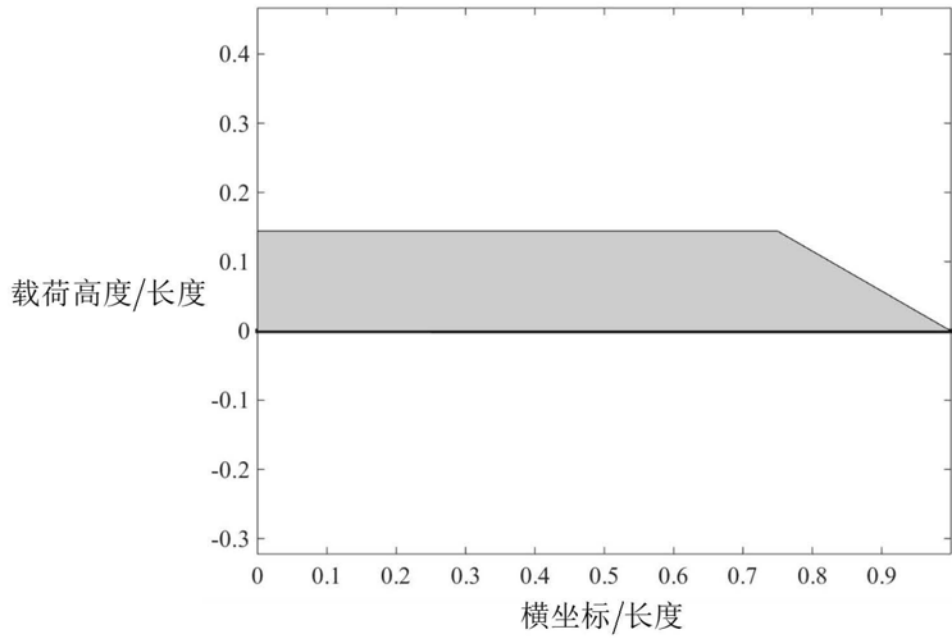


(e)

图6

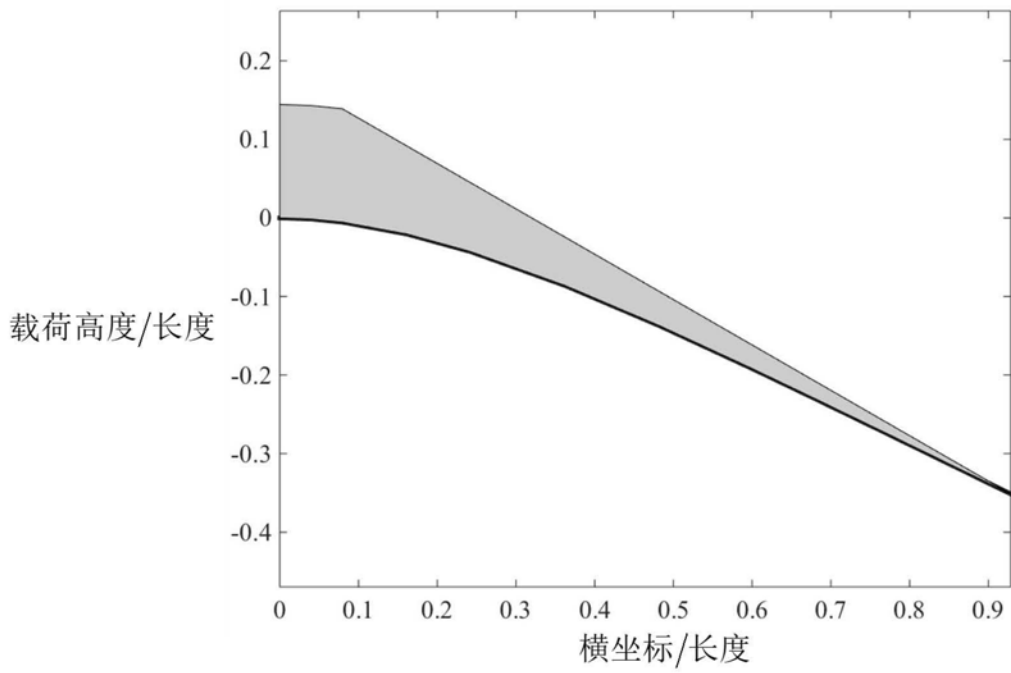


(a)



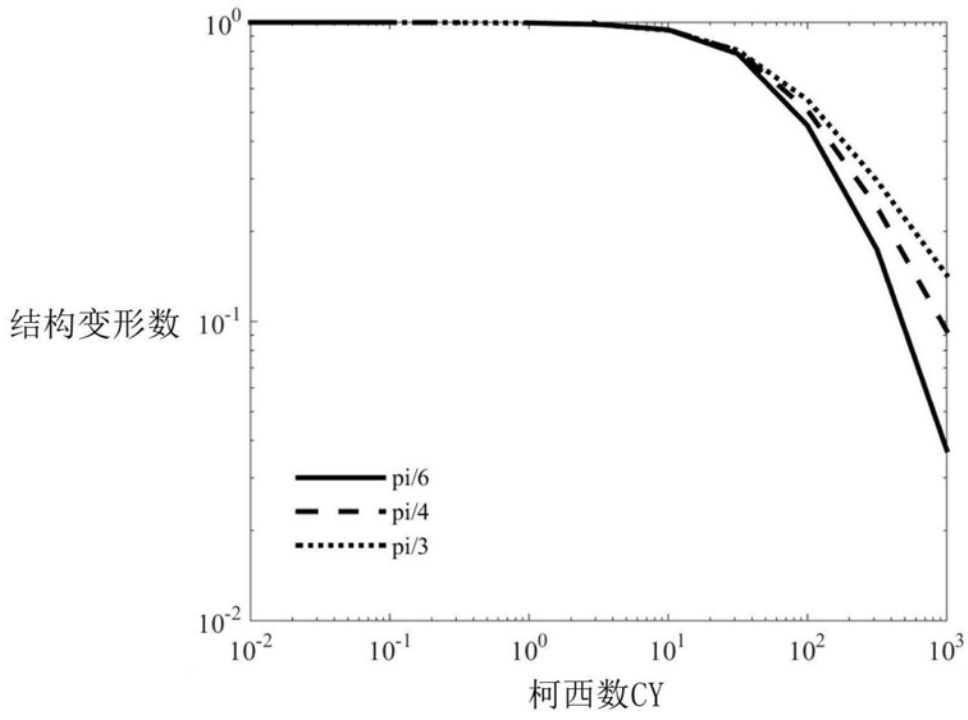
梁上载荷分布 $CY=0.01$

(b)

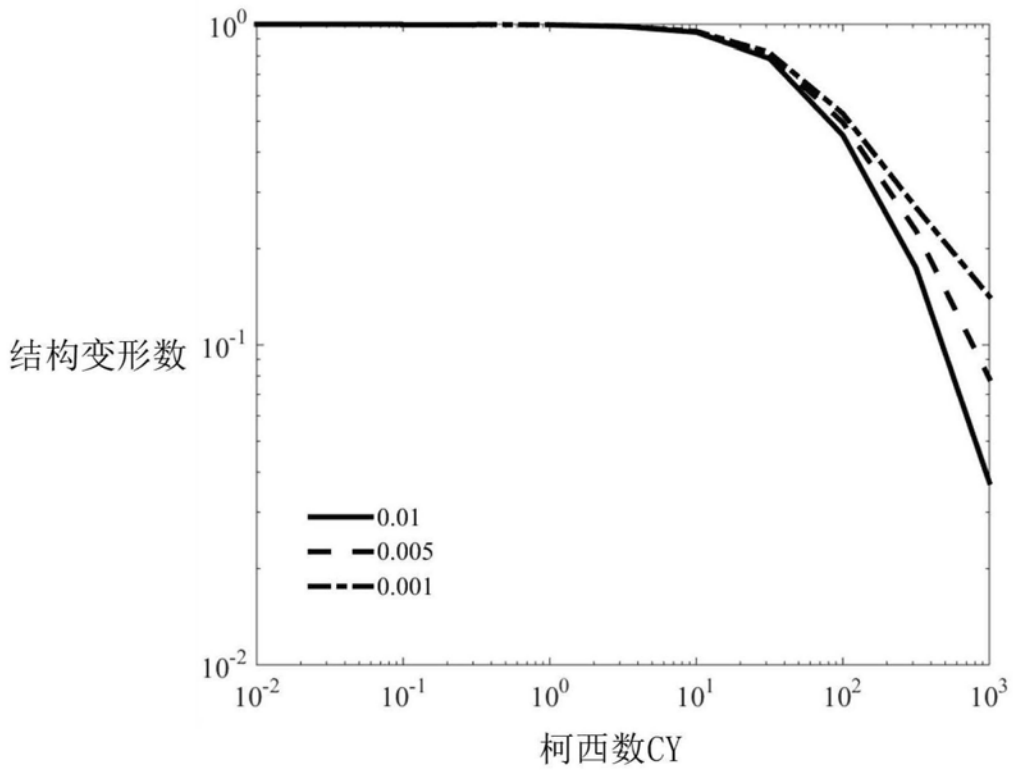


梁上载荷分布 $CY=0.01$

(c)



(d)



(e)

图7