



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115783252 A

(43) 申请公布日 2023. 03. 14

(21) 申请号 202310078353.2

(22) 申请日 2023.02.08

(71) 申请人 四川腾盾科技有限公司

地址 610000 四川省成都市金牛高新技术产业园区金科东路50号7栋1层101号

(72) 发明人 竹军 熊仁和 刘麒 曲建清
余清思 卫海粟

(74) 专利代理机构 成都九鼎天元知识产权代理有限公司 51214
专利代理师 张洋

(51) Int. Cl.

B64C 25/44 (2006.01)

B60T 8/17 (2006.01)

B60T 8/172 (2006.01)

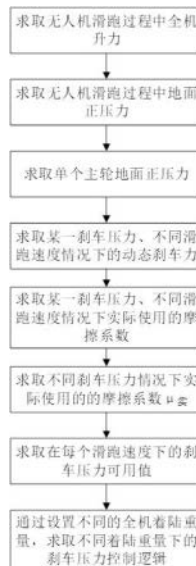
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种低成本的无人机自主刹车压力控制计算方法

(57) 摘要

本发明公开了一种低成本的无人机自主刹车压力控制计算方法,无人机刹车压力设计领域,包括:首先求取无人机滑跑过程中全机升力;然后求取无人机滑跑过程中地面正压力;再求取单个主轮地面正压力;然后求取某一刹车压力、不同滑跑速度情况下的动态刹车力;再求取某一刹车压力、不同滑跑速度情况下实际使用的摩擦系数;然后求取不同刹车压力情况下实际使用的摩擦系数 $\mu_{实}$;再求取在每个滑跑速度下的刹车压力可用值;最后通过设置不同的全机着陆重量,求取不同着陆重量下的刹车压力控制逻辑;本发明,不用装配防滑刹车装置,控制飞机成本,且提高飞机可靠性。



1. 一种低成本的无人机自主刹车压力控制计算方法,其特征在于,包括:
 步骤S1:求取无人机滑跑过程中全机升力;
 步骤S2:求取无人机滑跑过程中地面正压力;
 步骤S3:求取单个主轮地面正压力;
 步骤S4:求取某一刹车压力、不同滑跑速度情况下的动态刹车力;
 步骤S5:求取某一刹车压力、不同滑跑速度情况下实际使用的摩擦系数;
 步骤S6:重复步骤S4至步骤S5,求取不同刹车压力情况下实际使用的的摩擦系数 $\mu_{\text{实}}$;
 步骤S7:求取在每个滑跑速度下的刹车压力可用值;
 步骤S8:重复步骤S2至步骤S7,通过设置不同的全机着陆重量,求取不同着陆重量下的刹车压力控制逻辑。

2. 根据权利要求1所述的一种低成本的无人机自主刹车压力控制计算方法,其特征在于,所述步骤S1,包括:

$$L = \frac{1}{2} \rho V^2 * CL * S / 3.6 / 3.6 / g$$

其中:

L 为无人机滑跑过程中全机升力;

ρ 为起降机场高度对应的大气密度;

V 为滑跑速度;

CL 为不同滑跑速度 V 情况下的升力系数特性;

S 为全机气动力参考面积;

g 为重力加速度。

3. 根据权利要求2所述的一种低成本的无人机自主刹车压力控制计算方法,其特征在于,所述步骤S2,包括:

$$N = W - L$$

其中:

N 为飞机滑跑过程中地面正压力;

W 为全机着陆重量。

4. 根据权利要求3所述的一种低成本的无人机自主刹车压力控制计算方法,其特征在于,所述步骤S3,包括:

$$N_{\text{主}} = N * K / 2$$

其中:

$N_{\text{主}}$ 为单个主轮地面正压力;

K 为无人机主轮承载全机正压力系数。

5. 根据权利要求4所述的一种低成本的无人机自主刹车压力控制计算方法,其特征在于,所述步骤S4,包括:

$$f = M/R/g$$

其中：

f 为刹车压力 P 、不同滑跑速度 V 情况下的动态刹车力；

M 为刹车压力 P 、不同滑跑速度 V 情况下的刹车力矩特性；

R 为刹车制动作用半径。

6. 根据权利要求5所述的一种低成本的无人机自主刹车压力控制计算方法，其特征在于，所述步骤S5，包括：

$$\mu_{\text{实}} = f/N_{\text{主}}$$

其中：

$\mu_{\text{实}}$ 为实际使用的摩擦系数。

7. 根据权利要求6所述的一种低成本的无人机自主刹车压力控制计算方法，其特征在于，所述步骤S6，包括：

当实际使用的摩擦系数 $\mu_{\text{实}}$ 与理论上最大的摩擦系数 μ_{max} 一致时，轮胎不会出现抱死且刹车效率最高，飞机着陆滑跑距离最短；

当实际使用的摩擦系数 $\mu_{\text{实}}$ 大于最大的摩擦系数 μ_{max} 时，轮胎容易抱死甚至完全滑动；

当实际使用的摩擦系数 $\mu_{\text{实}}$ 小于最大的摩擦系数 μ_{max} 时，则系统性能降低，没有完全发挥出刹车功效。

8. 根据权利要求1所述的一种低成本的无人机自主刹车压力控制计算方法，其特征在于，所述步骤S7，包括：

通过曲线作图，横坐标为滑跑速度，纵坐标为实际使用的摩擦系数 $\mu_{\text{实}}$ 与理论上最大的摩擦系数 μ_{max} ；

实际使用的摩擦系数 $\mu_{\text{实}}$ 与理论上最大的摩擦系数 μ_{max} 交叉点对应的纵坐标为实际可用的摩擦系数 $\mu_{\text{可用}}$ ，交叉点对应的横坐标为最大刹车速度 $V_{\text{刹}}$ 。

一种低成本的无人机自主刹车压力控制计算方法

技术领域

[0001] 本发明涉及无人机刹车压力设计领域,具体涉及一种低成本的无人机自主刹车压力控制计算方法。

背景技术

[0002] 本节中的陈述仅提供与本公开相关的背景信息,并且可能不构成现有技术。

[0003] 对于一架需要在跑道上高速起飞和降落的飞机,安全起降尤为重要,特别是在降落接地后,从高速运动使其变为静止不动状态且安全停止在跑道内,除了需要设置相应的飞机控制逻辑和发动机状态,还需要具备一套性能优良、安全可靠的机轮刹车系统;具体的,机轮刹车系统主要包括机轮、刹车装置和防滑控制,其通过机轮和刹车装置摩擦产生制动力,将飞机的减速过程中的动力转化为热能,才能使飞机最终停下来,防滑控制的主要任务是在保证安全的前提下,调节刹车压力,发挥刹车能力,提高刹车效能,有效缩短飞机着陆滑跑距离。

[0004] 在实际滑跑过程中,机轮既有滚动又有滑动;当轮胎与跑道接触面间实际使用的摩擦系数与理论上最大的摩擦系数一致时,其他条件相同时,轮胎不会出现抱死且刹车效率最高,飞机着陆滑跑距离最短;刹车压力过大,轮胎与跑道接触面间实际使用的摩擦系数偏大,则机轮容易抱死甚至完全滑动,一旦发生打滑现象,一方面刹车摩擦力迅速变小,不能有效缩短飞机着陆滑跑距离,另一方面轮胎前进方向不受控制,容易冲出跑道侧边而引发安全事故;刹车压力过小,轮胎与跑道接触面间实际使用的摩擦系数偏小,则系统性能降低,没有完全发挥出刹车功效。

[0005] 同时,在着陆滑跑过程中,飞机的升力要随着滑跑速度的减小而减小,机轮压紧跑道的程度,即正压力,要随着滑跑速度的减小而增加,所以,应随着飞机滑跑速度的减小而增大刹车压力,使实际使用的摩擦系数每一滑跑速度都非常接近理论上最大的摩擦系数;另外,相同滑跑速度,机轮压紧跑道的程度,要随着着陆重量的增加而增加,所以,应随着着陆重量的增加而增加刹车压力,使实际使用的摩擦系数每一重量都非常接近理论上最大的摩擦系数。

[0006] 而在具体操作中,有人飞机在飞行员可感知的条件下,通过操纵刹车轻重程度的不同,从而保证实际使用的刹车压力在合适范围内;而无人机由于没有飞行员感知,需要提前预设合适的刹车压力或者装配防滑刹车装置。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于:针对目前有人飞机在飞行员可感知的条件下,通过操纵刹车轻重程度的不同,从而保证实际使用的刹车压力在合适范围内;而无人机由于没有飞行员感知,需要提前预设合适的刹车压力或者装配防滑刹车装置的问题,提供了一种低成本的无人机自主刹车压力控制计算方法,在保证安全刹车和降低成本的前提下,按照每个着陆重量,通过预设适当的刹车压力,在每个滑跑速度获取最佳的实际使用的摩擦系数,同时,

其可以针对在跑道上高速起飞和降落的自主起降无人机,符合实际情况,数据准确可用,从而解决了上述问题。

[0008] 本发明的技术方案如下:

首先该方法需要的输入条件如下:

滑跑速度**V**,单位:千米/小时;

轮胎与跑道接触面间理论上最大的摩擦系数 μ_{\max} 随滑跑速度**V**变化规律;

不同滑跑速度**V**情况下的升力系数特性**CL**;

全机气动力参考面积**S**,单位:平方米;

全机着陆重量**W**,单位:千克;

起降机场高度对应的大气密度 **ρ** ,单位:千克/立方米;

刹车压力**P**,单位:兆帕;

不同刹车压力**P**、不同滑跑速度**V**情况下的刹车力矩特性**M**,单位:牛顿/米;

刹车制动作用半径**R**,单位:米;

无人机主轮承载全机正压力系数**K**;

重力加速度**g**,单位:米/秒²。

[0009] 一种低成本的无人机自主刹车压力控制计算方法,具体包括如下步骤:

步骤S1:求取无人机滑跑过程中全机升力;

步骤S2:求取无人机滑跑过程中地面正压力;

步骤S3:求取单个主轮地面正压力;

步骤S4:求取某一刹车压力、不同滑跑速度情况下的动态刹车力;

步骤S5:求取某一刹车压力、不同滑跑速度情况下实际使用的摩擦系数;

步骤S6:重复步骤S4至步骤S5,求取不同刹车压力情况下实际使用的的摩擦系数

$\mu_{\text{实}}$;

步骤S7:求取在每个滑跑速度下的刹车压力可用值;

步骤S8:重复步骤S2至步骤S7,通过设置不同的全机着陆重量,求取不同着陆重量下的刹车压力控制逻辑。

[0010] 进一步地,所述步骤S1,包括:

$$L = \frac{1}{2} \rho V^2 * CL * S / 3.6 / 3.6 / g$$

其中:

L为无人机滑跑过程中全机升力;

ρ 为起降机场高度对应的大气密度;

V为滑跑速度;

CL为不同滑跑速度**V**情况下的升力系数特性;

S为全机气动力参考面积;

g为重力加速度。

[0011] 进一步地,所述步骤S2,包括:

$$N = W - L$$

其中:

N 为飞机滑跑过程中地面正压力;

W 为全机着陆重量。

[0012] 进一步地,所述步骤S3,包括:

$$N_{\text{主}} = N * K/2$$

其中:

$N_{\text{主}}$ 为单个主轮地面正压力;

K 为无人机主轮承载全机正压力系数。

[0013] 在本实施例中,具体的,所述步骤S4,包括:

$$f = M/R/g$$

其中:

f 为刹车压力 P 、不同滑跑速度 V 情况下的动态刹车力;

M 为刹车压力 P 、不同滑跑速度 V 情况下的刹车力矩特性;

R 为刹车制动作用半径。

[0014] 进一步地,所述步骤S5,包括:

$$\mu_{\text{实}} = f/N_{\text{主}}$$

其中:

$\mu_{\text{实}}$ 为实际使用的摩擦系数。

[0015] 进一步地,所述步骤S6,包括:

当实际使用的摩擦系数 $\mu_{\text{实}}$ 与理论上最大的摩擦系数 μ_{max} 一致时,轮胎不会出现抱死且刹车效率最高,飞机着陆滑跑距离最短;

当实际使用的摩擦系数 $\mu_{\text{实}}$ 大于最大的摩擦系数 μ_{max} 时,轮胎容易抱死甚至完全滑动;

当实际使用的摩擦系数 $\mu_{\text{实}}$ 小于最大的摩擦系数 μ_{max} 时,则系统性能降低,没有完全发挥出刹车功效。

[0016] 进一步地,所述步骤S7,包括:

通过曲线作图,横坐标为滑跑速度,纵坐标为实际使用的摩擦系数 $\mu_{\text{实}}$ 与理论上最大的摩擦系数 μ_{max} ;

实际使用的摩擦系数 $\mu_{\text{实}}$ 与理论上最大的摩擦系数 μ_{max} 交叉点对应的纵坐标为实际可用的摩擦系数 $\mu_{\text{可用}}$,交叉点对应的横坐标为最大刹车速度 $V_{\text{刹}}$ 。

[0017] 其中,不同刹车压力应对应不同的最大刹车速度,原则是随着飞机滑跑速度的减小而增大刹车压力。

[0018] 与现有的技术相比本发明的有益效果是:

1、一种低成本的无人机自主刹车压力控制计算方法,包括:步骤S1:求取无人机滑跑过程中全机升力;步骤S2:求取无人机滑跑过程中地面正压力;步骤S3:求取单个主轮地面正压力;步骤S4:求取某一刹车压力、不同滑跑速度情况下的动态刹车力;步骤S5:求取某一刹车压力、不同滑跑速度情况下实际使用的摩擦系数;步骤S6:重复步骤S4至步骤S5,求取不同刹车压力情况下实际使用的摩擦系数 $\mu_{\text{实}}$;步骤S7:求取在每个滑跑速度下的刹车压力可用值;步骤S8:重复步骤S2至步骤S7,通过设置不同的全机着陆重量,求取不同着陆重量下的刹车压力控制逻辑;本发明,不用装配防滑刹车装置,控制飞机成本,且提高飞机可靠性。

[0019] 2、一种低成本的无人机自主刹车压力控制计算方法,适用于在跑道上高速起飞和降落的自主起降无人机,符合实际情况,数据准确可用。

[0020] 3、一种低成本的无人机自主刹车压力控制计算方法,在保证安全刹车和降低成本的前提下,按照每个着陆重量,通过设置适当的刹车压力,获取最佳的实际使用的摩擦系数,刹车效率最高,飞机着陆滑跑距离最短。

附图说明

[0021] 图1为一种低成本的无人机自主刹车压力控制计算方法的流程图;

图2为实际使用的摩擦系数 $\mu_{\text{实}}$ 与理论上最大的摩擦系数 μ_{max} 示意图。

具体实施方式

[0022] 需要说明的是,术语“第一”和“第二”等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0023] 下面结合实施例对本发明的特征和性能作进一步的详细描述。

[0024] 实施例一

目前,有人飞机在飞行员可感知的条件下,通过操纵刹车轻重程度的不同,从而保证实际使用的刹车压力在合适范围内;而无人机由于没有飞行员感知,需要提前预设合适的刹车压力或者装配防滑刹车装置。

[0025] 本实施例针对于上述问题,提供了一种低成本的无人机自主刹车压力控制计算方法,在保证安全刹车和降低成本的前提下,按照每个着陆重量,通过预设适当的刹车压力,在每个滑跑速度获取最佳的实际使用的摩擦系数,同时,其可以针对在跑道上高速起飞和降落的自主起降无人机,符合实际情况,数据准确可用。

[0026] 首先该方法需要的输入条件如下:

滑跑速度 V ,单位:千米/小时;

轮胎与跑道接触面间理论上最大的摩擦系数 μ_{max} 随滑跑速度 V 变化规律;

不同滑跑速度**V**情况下的升力系数特性**CL**；
 全机气动力参考面积**S**,单位:平方米；
 全机着陆重量**W**,单位:千克；
 起降机场高度对应的大气密度**ρ**,单位:千克/立方米；
 刹车压力**P**,单位:兆帕；
 不同刹车压力**P**、不同滑跑速度**V**情况下的刹车力矩特性**M**,单位:牛顿/米；
 刹车制动作用半径**R**,单位:米；
 无人机主轮承载全机正压力系数**K**；
 重力加速度**g**,单位:米/秒²。

[0027] 请参阅图1,一种低成本的无人机自主刹车压力控制计算方法,具体包括如下步骤:

步骤S1:求取无人机滑跑过程中全机升力；
 步骤S2:求取无人机滑跑过程中地面正压力；
 步骤S3:求取单个主轮地面正压力；
 步骤S4:求取某一刹车压力、不同滑跑速度情况下的动态刹车力；
 步骤S5:求取某一刹车压力、不同滑跑速度情况下实际使用的摩擦系数；
 步骤S6:重复步骤S4至步骤S5,求取不同刹车压力情况下实际使用的的摩擦系数

$\mu_{实}$;

步骤S7:求取在每个滑跑速度下的刹车压力可用值；
 步骤S8:重复步骤S2至步骤S7,通过设置不同的全机着陆重量,求取不同着陆重量下的刹车压力控制逻辑。

[0028] 在本实施例中,具体的,所述步骤S1,包括:

$$L = \frac{1}{2} \rho V^2 * CL * S / 3.6 / 3.6 / g$$

其中:

L为无人机滑跑过程中全机升力；
ρ为起降机场高度对应的大气密度；
V为滑跑速度；
CL为不同滑跑速度**V**情况下的升力系数特性；
S为全机气动力参考面积；
g为重力加速度。

[0029] 在本实施例中,具体的,所述步骤S2,包括:

$$N = W - L$$

其中:

N为飞机滑跑过程中地面正压力；
W为全机着陆重量。

[0030] 在本实施例中,具体的,所述步骤S3,包括:

$$N_{\text{主}} = N * K/2$$

其中:

$N_{\text{主}}$ 为单个主轮地面正压力;

K 为无人机主轮承载全机正压力系数。

[0031] 在本实施例中,具体的,所述步骤S4,包括:

$$f = M/R/g$$

其中:

f 为刹车压力 P 、不同滑跑速度 V 情况下的动态刹车力;

M 为刹车压力 P 、不同滑跑速度 V 情况下的刹车力矩特性;

R 为刹车制动作用半径。

[0032] 在本实施例中,具体的,所述步骤S5,包括:

$$\mu_{\text{实}} = f/N_{\text{主}}$$

其中:

$\mu_{\text{实}}$ 为实际使用的摩擦系数。

[0033] 在本实施例中,具体的,所述步骤S6,包括:

当实际使用的摩擦系数 $\mu_{\text{实}}$ 与理论上最大的摩擦系数 μ_{max} 一致时,轮胎不会出现抱死且刹车效率最高,飞机着陆滑跑距离最短;

当实际使用的摩擦系数 $\mu_{\text{实}}$ 大于最大的摩擦系数 μ_{max} 时,轮胎容易抱死甚至完全滑动;

当实际使用的摩擦系数 $\mu_{\text{实}}$ 小于最大的摩擦系数 μ_{max} 时,则系统性能降低,没有完全发挥出刹车功效。

[0034] 在本实施例中,具体的,所述步骤S7,包括:

通过曲线作图,横坐标为滑跑速度,纵坐标为实际使用的摩擦系数 $\mu_{\text{实}}$ 与理论上最大的摩擦系数 μ_{max} ;

实际使用的摩擦系数 $\mu_{\text{实}}$ 与理论上最大的摩擦系数 μ_{max} 交叉点对应的纵坐标为实际可用的摩擦系数 $\mu_{\text{可用}}$,交叉点对应的横坐标为最大刹车速度 $V_{\text{刹}}$ 。

[0035] 其中,不同刹车压力应对应不同的最大刹车速度,原则是随着飞机滑跑速度的减小而增大刹车压力;以图2为例,建议的最大刹车速度和刹车压力,见表1,当求取的刹车压力序列越多,交叉点越多,建议使用的刹车压力对应的摩擦系数越接近理论上最大的摩擦系数。

[0036] 表1 建议的最大刹车速度和刹车压力示意表

序号	刹车压力(兆帕)	最大刹车速度(千米/小时)
1	P3	V3=150
2	P2	V2=100
3	P1	V1=50

在本实施例中,具体的,所述步骤S8,包括:

原则是随着飞机着陆重量的增大而增大刹车压力,见表2。

[0037] 表 2 不同着陆重量下建议的最大刹车速度和刹车压力示意表

序号	重量 (千克)	刹车压力 (兆帕)	最大刹车速度 (千米/小时)
1	W ₁	P ₁₃	V ₁₃
2		P ₁₂	V ₁₂
3		P ₁₁	V ₁₁
4	W ₂	P ₂₃	V ₂₃
5		P ₂₂	V ₂₂
6		P ₂₁	V ₂₁
7	W ₃	P ₃₃	V ₃₃
8		P ₃₂	V ₃₂
9		P ₃₁	V ₃₁

以上所述实施例仅表达了本申请的具体实施方式,其描述较为具体和详细,但不能因此而理解为本申请保护范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本申请技术方案构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本申请的保护范围。

[0038] 提供本背景技术部分是为了大体上呈现本发明的上下文,当前所署名的发明人的工作、在本背景技术部分中所描述的程度上的工作以及本部分描述在申请时尚不构成现有技术的方面,既非明示地也非暗示地被承认是本发明的现有技术。

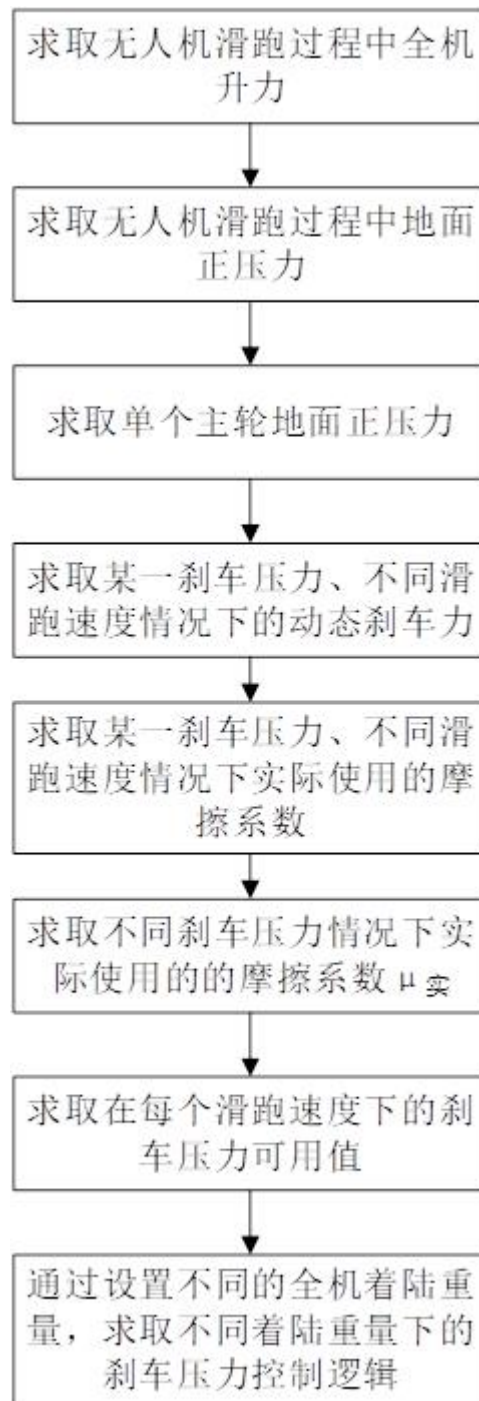


图1

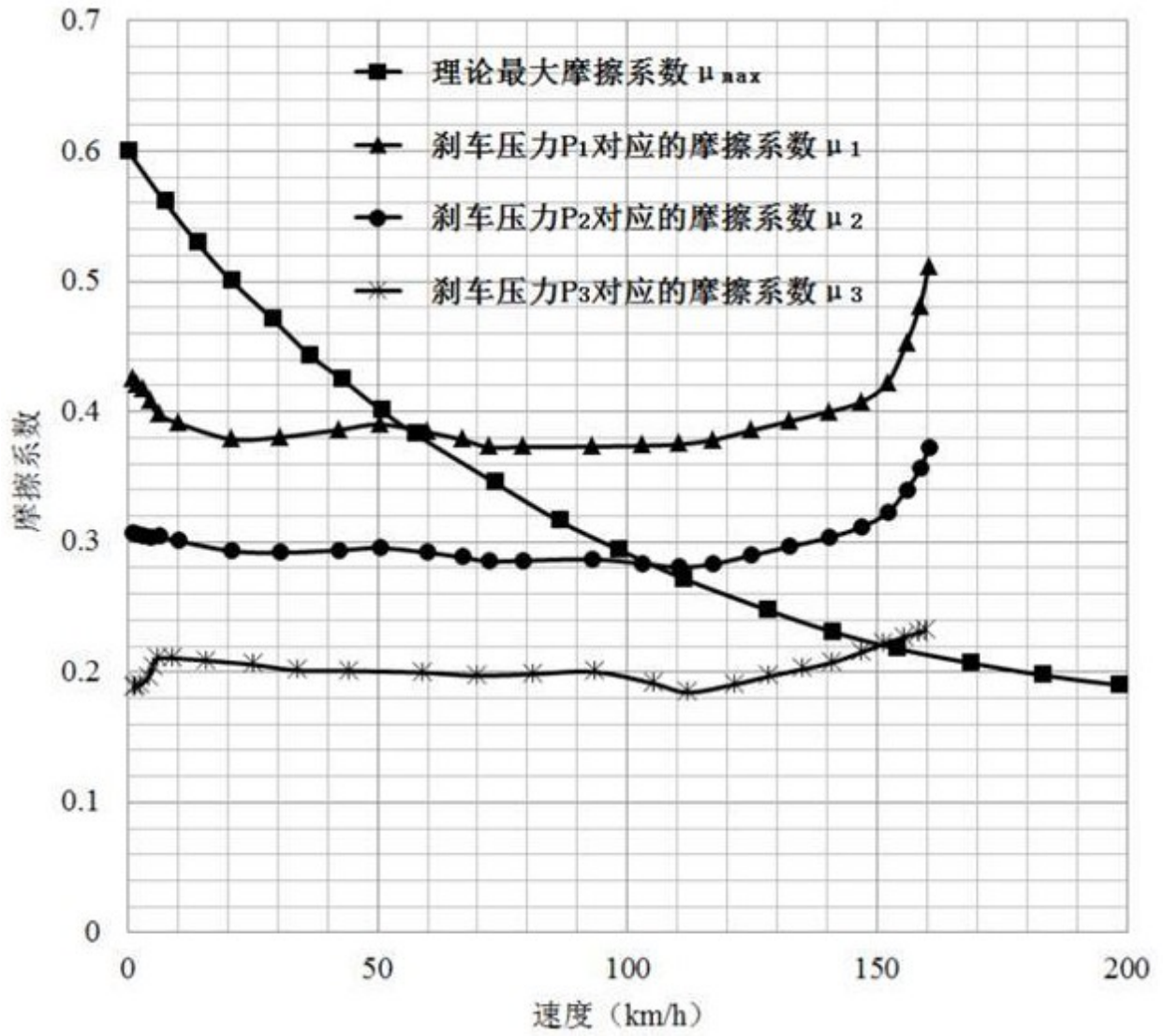


图2