



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110901897 A

(43)申请公布日 2020.03.24

(21)申请号 201911292312.3

(22)申请日 2019.12.16

(71)申请人 洲际联合超伦科技(北京)有限公司

地址 101200 北京市平谷区中关村科技园
区平谷园兴谷A区平和街4号

(72)发明人 夏宗权 张雅铭

(74)专利代理机构 北京绘聚高科知识产权代理
事务所(普通合伙) 11832

代理人 陈卫

(51)Int.Cl.

B64C 17/00(2006.01)

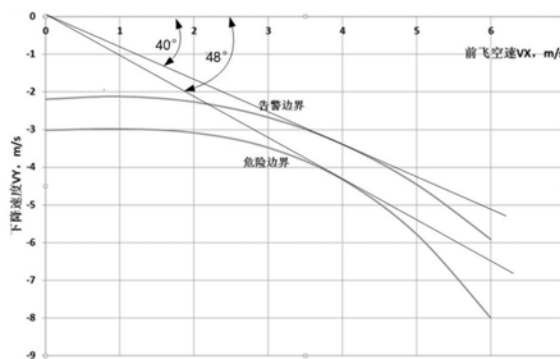
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

无人直升机涡环状态的预警脱离控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种无人直升机涡环状态的预警脱离控制方法,真正实现了涡环预警,提前防护功能,并且即便进入了涡环状态也提出了快速合理进行解脱的解决方案,保障了无人直升机的飞行安全。本发明提供的无人直升机涡环状态的预警脱离控制方法,可以实时判断当前无人直升机的安全状态,并将状态信息发送至控制端提示给操作手进行预警,同时其稳定可靠且预警精度高,极大的提高了无人直升机的飞行安全性。



1. 一种无人直升机涡环状态的预警脱离控制方法,其特征在于,包括如下操作步骤:

通过计算给出无人直升机的前飞空速 V_x 与下降速度 V_y 之间的固定飞行关系曲线;

根据所述固定飞行关系曲线计算当前无人直升机的告警边界的临界下滑角A,同时根据所述固定飞行关系曲线计算当前无人直升机的危险边界的临界角B;

在实时飞行过程中,实时计算得到当前下滑角C,根据当前下滑角C与所述告警边界的临界下滑角A以及所述危险边界的临界角B关系,判定当前无人直升机的飞行状态,并进行涡环边界预警操作。

2. 如权利要求1所述的无人直升机涡环状态的预警脱离控制方法,其特征在于,所述在实时飞行过程中,实时计算得到当前下滑角C,根据当前下滑角C与所述告警边界的临界下滑角A以及所述危险边界的临界角B关系,判定当前无人直升机的飞行状态,并进行涡环边界预警操作,具体包括如下操作步骤:

在实时飞行过程中,实时计算得到当前无人直升机的实际前飞空速 V_x ,实时获取当前无人直升机的下降速度 V_y ,根据实时测量的下降速度 V_y /前飞空速 V_x 的数据计算得到当前下滑角C;

其中, $\tan C = \text{下降速度 } V_y / \text{前飞空速 } V_x$;

判断如果当前下滑角C小于告警边界的临界下滑角A,则判定当前的无人直升机处于正常飞行状态;

判断如果真实下滑角C等于告警边界的临界下滑角A,则判定当前的无人直升机处于告警边界状态;

判断如果真实下滑角C大于告警边界的临界下滑角A并且小于危险边界的临界角B,则判定当前的无人直升机处于严重警告状态;

判断如果真实下滑角C大于或者等于危险边界的临界角B,则判定当前的无人直升机处于涡环危险警告状态。

3. 如权利要求2所述的无人直升机涡环状态的预警脱离控制方法,其特征在于,在所述无人直升机执行涡环边界预警操作之后,还包括如下操作步骤:

在判定当前的无人直升机处于所述告警边界状态后,则时刻向操作手的控制端显示通报所述实际前飞空速 V_x 和下降速度 V_y ,并且控制警示灯实现黄灯亮灯警示操作,提示操作手进入了告警边界状态;

在判定当前的无人直升机处于所述严重警告状态后,则时刻向操作手的控制端显示通报所述实际前飞空速 V_x 和下降速度 V_y ,并且控制警示灯实现黄灯闪灯警示操作,提示操作手进入了严重警告状态;

在判定当前的无人直升机处于所述涡环危险警告状态后,则时刻向操作手的控制端显示通报所述实际前飞空速 V_x 和下降速度 V_y ,并且控制警示灯实现红灯亮灯警示操作,提示操作手进入了涡环危险警告状态。

4. 如权利要求3所述的无人直升机涡环状态的预警脱离控制方法,其特征在于,在判定当前无人直升机处于告警边界状态、严重警告状态或涡环危险警告状态任意一种状态时,还包括控制所述无人直升机实现解脱控制操作,包括如下操作:

获取无人直升机的当前高度,判断当前高度是否高于或等于标准高度阈值;

如果判断结果为是,则控制所述无人直升机增加前飞空速,进而摆脱涡环状态;

如果判断结果为否,则控制所述无人直升机降低总距,从而减小旋翼能量消耗,减小触地速度。

5.如权利要求3所述的无人直升机涡环状态的预警脱离控制方法,其特征在于,在飞控程序中,如真实下滑角 $C >$ 告警边界的临界下滑角 A ,则控制自动增加速度。

无人直升机涡环状态的预警脱离控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及无人直升机飞行安全领域,尤其涉及一种无人直升机涡环状态的预警脱离控制方法。

背景技术

[0002] 随着无人直升机行业的飞速发展,无人直升机的飞行安全尤为重要。由于种种原因,无人直升机可能会引发多种的非正常飞行状态,其中就包括涡环状态。涡环状态是直升机在下降或下滑飞行阶段一种固有的危及飞行安全的危险状态。

[0003] 研究发现,当直升机处在悬停状态或以小速度前飞时,由于旋翼的作用,桨盘上游的气流被旋翼吸入,然后向下排出,从而产生诱导速度,旋翼产生升力。旋翼诱导速度沿半径的分布近似呈三角形分布,也就是说,靠近桨心和桨尖处诱导速度小,在桨心和桨尖处诱导速度为0,升力为0。当直升机垂直下降时,根据相对运动原理,气流向上运动,此时向下的旋翼诱导速度与向上的气流相遇,形成紊乱的漩涡。直升机在缓慢下降时,桨盘处仍是诱导气流起主导作用,但尾流中有些紊乱,当直升机的下降速度 V_y 大于0.28倍的旋翼平均诱导速度 v_{i0} 时,向上的气流在桨心和桨尖附近冲过桨盘,而后又被旋翼吸入,使旋翼运行在环圈形的旋转气团内,流态很不稳定,此状态称之为典型的涡环状态,其中当下降速度 V_y 与旋翼平均诱导速度 v_{i0} 之间呈如下关系: $V_y = -(\frac{3}{4} \sim 1)v_{i0}$ 时最为严重。此时不仅升力变化无常,旋翼消耗大量的功率,而且俯仰及滚转力矩也有改变,致使直升机颠簸、下跌、操纵失灵。因此说,直升机在涡环状态下飞行是一种高风险的飞行,如果没有足够的高度或没有采用正确及时的改出措施,就会造成坠地事故。

[0004] 因此说,如何对无人机直升机的涡环状态进行预警脱离是本领域技术人员急需解决的问题。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种无人直升机涡环状态的预警脱离控制方法,通过计算给出涡环状态边界,进而来控制避免无人直升机在飞行中进入涡环状态,以及一旦进入涡环状态后实施控制脱离涡环状态。

[0006] 为了达到上述目的,本发明的技术方案是这样实现的:

[0007] 本发明提供了一种无人直升机涡环状态的预警脱离控制方法,包括如下操作步骤:

[0008] 通过计算给出无人直升机的前飞空速 V_x 与下降速度 V_y 之间的固定飞行关系曲线;

[0009] 根据所述固定飞行关系曲线计算当前无人直升机的告警边界的临界下滑角A,同时根据所述固定飞行关系曲线计算当前无人直升机的危险边界的临界角B;

[0010] 在实时飞行过程中,实时计算得到当前下滑角C,根据当前下滑角C与所述告警边界的临界下滑角A以及所述危险边界的临界角B关系,判定当前无人直升机的飞行状态,并

进行涡环边界预警操作。

[0011] 优选的,作为一种可实施方案;所述在实时飞行过程中,实时计算得到当前下滑角C,根据当前下滑角C与所述告警边界的临界下滑角A以及所述危险边界的临界角B关系,判定当前无人直升机的飞行状态,并进行涡环边界预警操作,具体包括如下操作步骤:

[0012] 在实时飞行过程中,实时计算得到当前无人直升机的实际前飞空速 V_x ,实时获取当前无人直升机的下降速度 V_y ,根据实时测量的下降速度 V_y /前飞空速 V_x 的数据计算得到当前下滑角C;

[0013] 其中, $\tan C = \text{下降速度 } V_y / \text{前飞空速 } V_x$;

[0014] 判断如果当前下滑角C小于告警边界的临界下滑角A,则判定当前的无人直升机处于正常飞行状态;

[0015] 判断如果真实下滑角C等于告警边界的临界下滑角A,则判定当前的无人直升机处于告警边界状态;

[0016] 判断如果真实下滑角C大于告警边界的临界下滑角A并且小于危险边界的临界角B,则判定当前的无人直升机处于严重警告状态;

[0017] 判断如果真实下滑角C大于或者等于危险边界的临界角B,则判定当前的无人直升机处于涡环危险警告状态。

[0018] 优选的,作为一种可实施方案;在所述无人直升机执行涡环边界预警操作之后,还包括如下操作步骤:

[0019] 在判定当前的无人直升机处于所述告警边界状态后,则时刻向操作手的控制端显示通报所述实际前飞空速 V_x 和下降速度 V_y ,并且控制警示灯实现黄灯亮灯警示操作,提示操作手进入了告警边界状态;

[0020] 在判定当前的无人直升机处于所述严重警告状态后,则时刻向操作手的控制端显示通报所述实际前飞空速 V_x 和下降速度 V_y ,并且控制警示灯实现黄灯闪灯警示操作,提示操作手进入了严重警告状态;

[0021] 在判定当前的无人直升机处于所述涡环危险警告状态后,则时刻向操作手的控制端显示通报所述实际前飞空速 V_x 和下降速度 V_y ,并且控制警示灯实现红灯亮灯警示操作,提示操作手进入了涡环危险警告状态。

[0022] 优选的,作为一种可实施方案;在判定当前无人直升机处于告警边界状态、严重警告状态或涡环危险警告状态任意一种状态时,还包括控制所述无人直升机实现解脱控制操作,包括如下操作:

[0023] 获取无人直升机的当前高度,判断当前高度是否高于或等于标准高度阈值;

[0024] 如果判断结果为是,则控制所述无人直升机增加前飞空速,进而摆脱涡环状态;

[0025] 如果判断结果为否,则控制所述无人直升机降低总距,从而减小旋翼能量消耗,减小触地速度。

[0026] 优选的,作为一种可实施方案;在飞控程序中,如真实下滑角 $C >$ 告警边界的临界下滑角A,则控制自动增加速度。

[0027] 采用上述技术方案,本申请提供的无人直升机涡环状态的预警脱离控制方法,具有的技术效果有:该无人直升机涡环状态的预警脱离控制方法,实际上可以实现涡环预警和脱离涡环状态两个功能;例如在进行涡环预警时,其实际上是参考了当前无人直升机的

固定飞行关系曲线,该关系曲线显示分析了在无风速状态下的无人直升机的前飞空速 V_x 与下降速度 V_y 之间的关系;同时根据该关系曲线得到了两个重要的参考角度,即当前无人直升机的告警边界的临界下滑角A,同时根据所述固定飞行关系曲线计算当前无人直升机的危险边界的临界角B;很显然,固定飞行关系曲线实际上是两条边界曲线,一条是告警边界,一条是涡环边界。对于具体的无人直升机,可计算出其上述两条边界曲线,不同种类型号的无人直升机具有特定的关系曲线。

[0028] 然而通常在飞行时,无人直升机都会受到风速影响,这时候就需要根据当前的前飞空速 V_x 和下降速度 V_y 计算得到当前下滑角C;然后通过对比当前下滑角C与告警边界的临界下滑角A以及危险边界的临界角B关系,判定当前无人直升机的飞行状态,并进行涡环边界预警操作。

[0029] 一般来说,如果当前下滑角C小于告警边界的临界下滑角A,则判定当前的无人直升机处于正常飞行状态;如果真实下滑角C等于告警边界的临界下滑角A,则判定当前的无人直升机处于告警边界状态;如果真实下滑角C大于告警边界的临界下滑角A并且小于危险边界的临界角B,则判定当前的无人直升机处于严重警告状态;如果真实下滑角C大于或者等于危险边界的临界角B,则判定当前的无人直升机处于涡环危险警告状态。

[0030] 在当前无人直升机进行涡环状态摆脱时,需要考虑当前飞行高度,并协同前飞空速以及总距控制进行涡环状态的解脱;很显然,本无人直升机涡环状态的预警脱离控制方法,真正实现了涡环预警,提前防护功能,并且即便进入了涡环状态也提出了快速合理进行解脱的解决方案,保障了无人直升机的飞行安全。

[0031] 本发明提供的无人直升机涡环状态的预警脱离控制方法,可以实时判断当前无人直升机的安全状态,并将状态信息发送至控制端提示给操作手进行预警,同时其稳定可靠且预警精度高,极大的提高了无人直升机的飞行安全性。

附图说明

[0032] 为了更清楚地说明本发明具体实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对具体实施方式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,下面描述中的附图是本发明的一些实施方式,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。

[0033] 图1为本发明实施例中的无人直升机涡环状态的预警脱离控制方法中指出的固定飞行关系曲线图;

[0034] 图2为本发明实施例中的无人直升机涡环状态的预警脱离控制方法中指出的需用功率与前飞空速的关系变化图;

[0035] 图3为本发明实施例中的无人直升机涡环状态的预警脱离控制方法中指出的总距与前飞空速的关系变化图;

[0036] 图4为本发明实施例中的无人直升机涡环状态的预警脱离控制方法操作流程。

具体实施方式

[0037] 下面将结合附图对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例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。

[0038] 在本发明的描述中,需要说明的是,“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0039] 下面通过具体的实施例子并结合附图对本发明做进一步的详细描述。

[0040] 本发明提供了一种无人直升机涡环状态的预警脱离控制方法,包括如下操作步骤(具体方法步骤参见图4):

[0041] 步骤S100:通过计算给出无人直升机的前飞空速 V_x 与下降速度 V_y 之间的固定飞行关系曲线;

[0042] 步骤S200:根据所述固定飞行关系曲线计算当前无人直升机的告警边界的临界下滑角A,同时根据所述固定飞行关系曲线计算当前无人直升机的危险边界的临界角B;

[0043] 步骤S300:在实时飞行过程中,实时计算得到当前下滑角C,根据当前下滑角C与所述告警边界的临界下滑角A以及所述危险边界的临界角B关系,判定当前无人直升机的飞行状态,并进行涡环边界预警操作。

[0044] 需要说明的是,在本发明实施例的具体技术方案中,在进行涡环预警时,其实际上是参考了当前无人直升机的固定飞行关系曲线,该关系曲线显示分析了无人直升机的前飞空速 V_x 与下降速度 V_y 之间的关系(具体参见图1);同时根据该关系曲线得到了两个重要的参考角度,即当前无人直升机的告警边界的临界下滑角A,同时根据所述固定飞行关系曲线计算当前无人直升机的危险边界的临界角B;很显然,固定飞行关系曲线实际上是两条边界曲线,一条是告警边界,一条是涡环边界。对于具体的无人直升机,可计算出其上述两条边界曲线,不同种类型号的无人直升机具有特定的关系曲线。本发明实施例提供的无人直升机涡环状态的预警脱离控制方法,就是利用该关系曲线实现的涡环状态预警预防和脱离控制。

[0045] 优选的,作为一种可实施方案;在步骤S300中,具体包括如下操作步骤:

[0046] 步骤S310:在实时飞行过程中,实时计算得到当前无人直升机的实际前飞空速 V_x ,实时获取当前无人直升机的下降速度 V_y ,根据实时测量的下降速度 V_y /前飞空速 V_x 的数据计算得到当前下滑角C;

[0047] 其中, $\tan C = \text{下降速度 } V_y / \text{前飞空速 } V_x$;

[0048] 步骤S320:判断如果当前下滑角C小于告警边界的临界下滑角A,则判定当前的无人直升机处于正常飞行状态;

[0049] 判断如果真实下滑角C等于告警边界的临界下滑角A,则判定当前的无人直升机处于告警边界状态;

[0050] 判断如果真实下滑角C大于告警边界的临界下滑角A并且小于危险边界的临界角B,则判定当前的无人直升机处于严重警告状态;

[0051] 判断如果真实下滑角C大于或者等于危险边界的临界角B,则判定当前的无人直升机处于涡环危险警告状态。

[0052] 需要说明的是,在本发明实施例的具体技术方案中,通常在飞行时,无人直升机都会受到风速影响,这时候就需要根据当前的前飞空速 V_x 和下降速度 V_y 计算得到当前下滑角

C;然后通过对当前下滑角C与告警边界的临界下滑角A以及危险边界的临界角B关系,判定当前无人直升机的飞行状态,并进行涡环边界预警操作。一般来说,如果当前下滑角C小于告警边界的临界下滑角A,则判定当前的无人直升机处于正常飞行状态;如果真实下滑角C等于告警边界的临界下滑角A,则判定当前的无人直升机处于告警边界状态;如果真实下滑角C大于告警边界的临界下滑角A并且小于危险边界的临界角B,则判定当前的无人直升机处于严重警告状态;如果真实下滑角C大于或者等于危险边界的临界角B,则判定当前的无人直升机处于涡环危险警告状态。

[0053] 下面以R44直升机为例予以说明。设无人直升机以地速30km/h(图2中0点),如遇到10km/h的风,如迎风飞行,其空速为40km/h(图2中2点),如顺风飞行,其空速为20km/h(图2中1点)。

[0054] 从图2和图3中查得:

点号	前飞空速,	需用功率, kw	总距, 度
	km/h		
0	30	131	6.5
1	20	145	6.89
2	40	109	6.12

[0056] 可见,在小速度飞行时,需用功率和总距随空速的变化很敏感。但是,在空速小于50km/h时,空速表指示不准,速度指示器只能显示地速,操作手看到的飞机运动也是地速,这时,顺风飞行(设风速为10km/h),飞机飞的快,操作手误认为在图2的2点位置,而降距,实际上此时空速很小(在1点位置),应增距。由于反操纵,飞机掉高,很容易进入涡环状态。如果飞机迎着或背离操作手飞,操作手无法判断飞行速度,也很容易造成操纵失误而进入涡环状态。无人直升机多为超轻型直升机,桨盘载荷小,诱导速度小,根据下降率 $V_Y \geq 0.28v_{10}$ (v_{10} —旋翼平均诱导速度)则进入涡环状态的条件,无人直升机较小下降率便会进入涡环状态。另外,无人直升机开始试飞,先从航模操纵模式开始,由于人工操纵,必须在目视范围内飞行,注定飞机飞不远、飞不高、飞不快,这容易使无人直升机进入涡环状态。如果再有风,情况更为不利;通过具体对比当前下滑角C与告警边界的临界下滑角A以及危险边界的临界角B关系,来判定当前无人直升机的飞行状态则是一种行之有效的预防方法。

[0057] 优选的,作为一种可实施方案;在步骤S300(即所述无人直升机执行涡环边界预警操作)之后,还包括如下操作步骤S400:

[0058] 步骤S410:在判定当前的无人直升机处于所述告警边界状态后,则时刻向操作手的控制端显示通报所述实际前飞空速 V_x 和下降速度 V_y ,并且控制警示灯实现黄灯亮灯警示操作,提示操作手进入了告警边界状态;

[0059] 优选的,作为一种可实施方案;在飞控程序中,如真实下滑角 $C >$ 告警边界的临界下滑角A,则控制自动增加速度。

[0060] 步骤S420:在判定当前的无人直升机处于所述严重警告状态后,则时刻向操作手的控制端显示通报所述实际前飞空速 V_x 和下降速度 V_y ,并且控制警示灯实现黄灯闪烁警示

操作,提示操作手进入了严重警告状态;

[0061] 步骤S430:在判定当前的无人直升机处于所述涡环危险警告状态后,则时刻向操作手的控制端显示通报所述实际前飞空速 V_x 和下降速度 V_y ,并且控制警示灯实现红灯亮灯警示操作,提示操作手进入了涡环危险警告状态。

[0062] 需要说明的是,在本发明实施例的具体技术方案中,上述不同的飞行状态则可以通过不同的警示状态予以显示;除了正常飞行状态,无人直升机一般存在以下几种的危险飞行状态;即告警边界状态(此时真实下滑角C等于告警边界的临界下滑角A;严重警告状态(此时真实下滑角C大于告警边界的临界下滑角A并且小于危险边界的临界角B)和涡环危险状态(此时真实下滑角C大于或者等于危险边界的临界角B),在以上出现这三种状态后则可以通过不同颜色的亮灯操作,提示给控制端的操作手;同时还可以将实际前飞空速 V_x 和下降速度 V_y 实时的发送给控制端,并通过控制端的显示屏予以实时显示和通报,这样就方便了操作手实时了解当前的无人直升机的飞行状态,避免进行误判和误操作。

[0063] 优选的,作为一种可实施方案;在步骤S420之后,还包括控制所述无人直升机实现解脱控制操作,包括如下操作:

[0064] 步骤S510:获取无人直升机的当前高度,判断当前高度是否高于或等于标准高度阈值;

[0065] 如果判断结果为是,则控制所述无人直升机增加前飞空速,进而摆脱涡环状态;

[0066] 需要说明的是,如果无人直升机一旦进入涡环状态,在飞行高度允许时可增加前飞空速脱离涡环状态(即判断当前的高度是否在允许的范围,如果是在标准高度阈值内则可以增加前飞空速,进而摆脱涡环状态);因为在前飞空速实现增速时要掉高度,由图2知,前飞空速增加需用功率降低,这样下降速度减小,然后再观看图1,由图1知,此时无人直升机就可脱离涡环状态。

[0067] 如果判断结果为否,则控制所述无人直升机降低总距,从而减小旋翼能量消耗,减小触地速度。需要说明的是,如果高度不允许,即当前高度小于标准高度阈值则可以控制降低总距,从而减小旋翼能量,进而减小触地速度,从而可以保障无人直升机实现安全降落。

[0068] 经过调查,在某次无人直升机飞行过程中,在8次重大事故中有4次是进入涡环状态,造成飞机严重损伤。然而这4次进入涡环状态,每次情况都不一样,但均与风速、风向和操纵失误有关,这些飞行实测结果,为我们研究无人直升机如何避免、如何改出涡环状态提供了宝贵资料。然而,本发明提供的无人直升机涡环状态的预警脱离控制方法为无人直升机安全飞行提供了有力的技术支持。

[0069] 综上所述,本无人直升机涡环状态的预警脱离控制方法,真正实现了涡环预警,提前防护功能,并且即便进入了涡环状态也提出了快速合理进行解脱的解决方案,保障了无人直升机的飞行安全。本发明提供的无人直升机涡环状态的预警脱离控制方法,可以实时判断当前无人直升机的安全状态,并将状态信息发送至控制端提示给操作手进行预警,同时其稳定可靠且预警精度高,极大的提高了无人直升机的飞行安全性。另外本发明实施例不仅仅给出了避免无人直升机进入涡环状态的方法,同时给出了摆脱解决方案;如果飞机一旦进入涡环状态,在高度允许时通过增加速度来脱离涡环状态因为在增速时要掉高度。如果高度不允许,则应降总距,减小旋翼消耗能量,可减小触地速度。

[0070] 最后应说明的是:以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽

管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

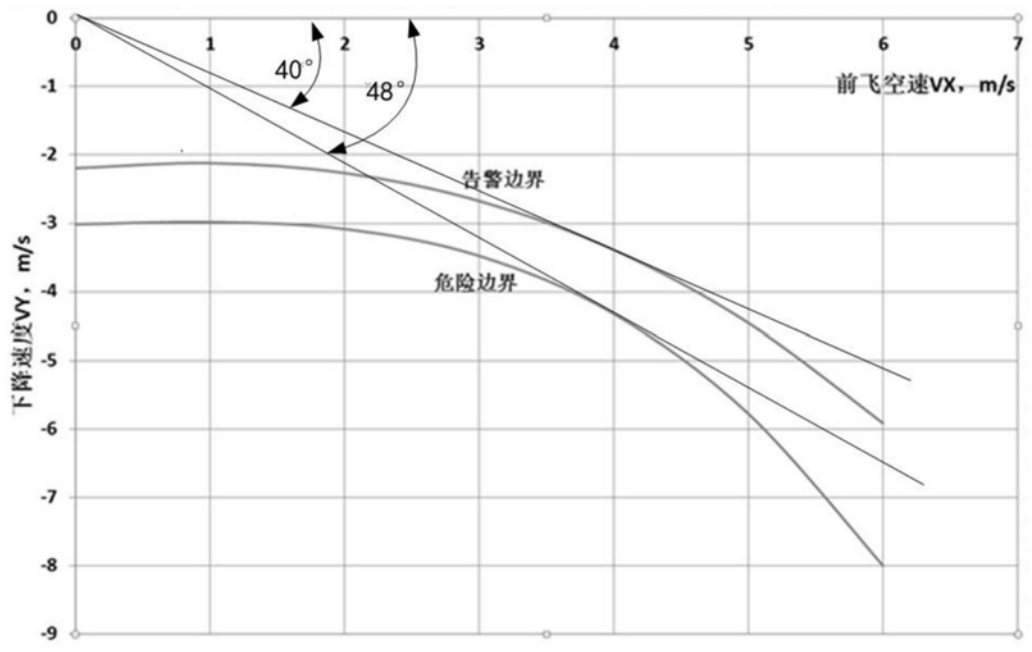


图1

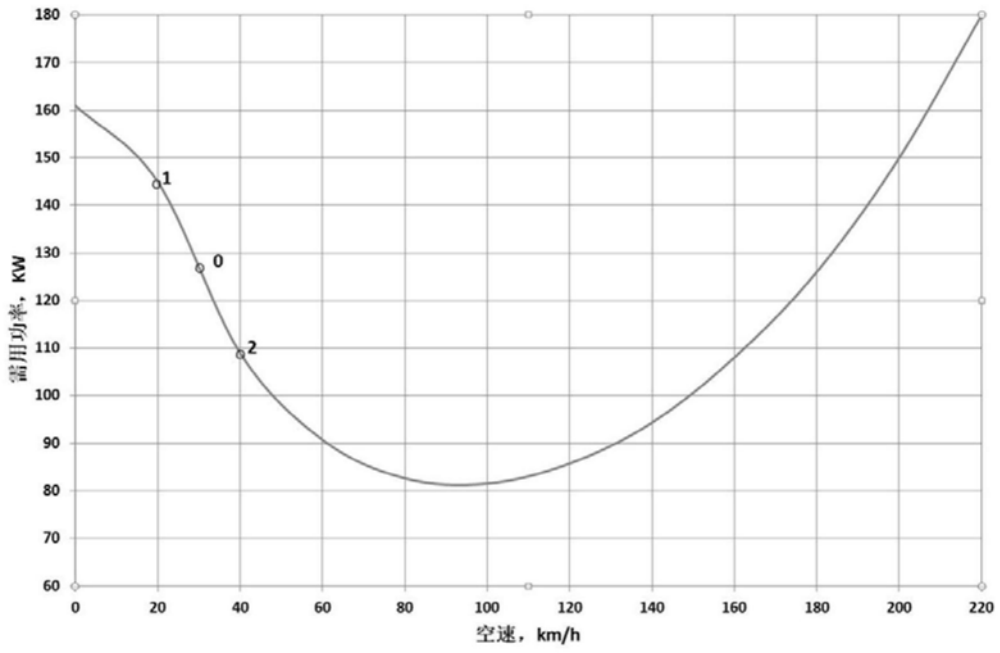


图2

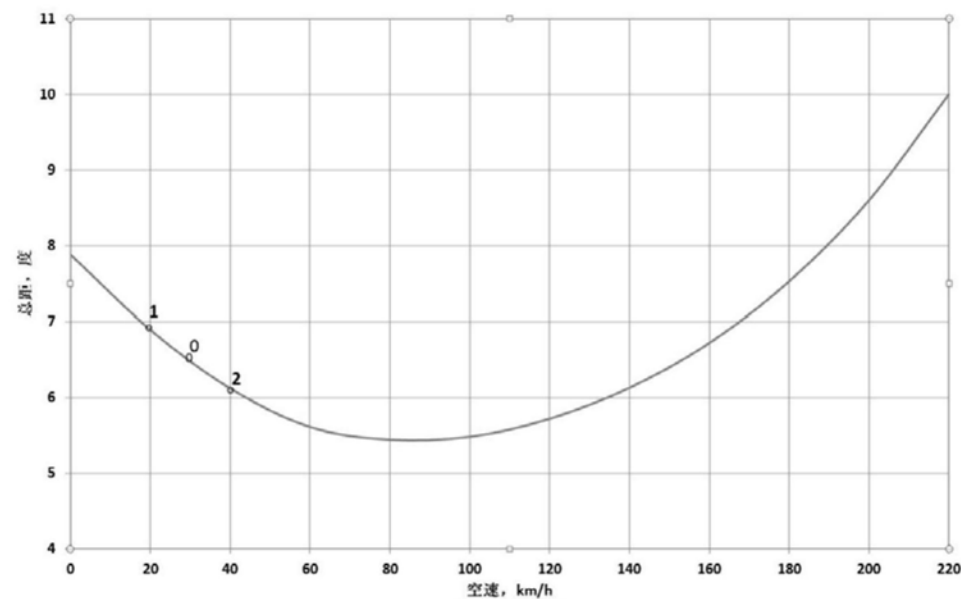


图3

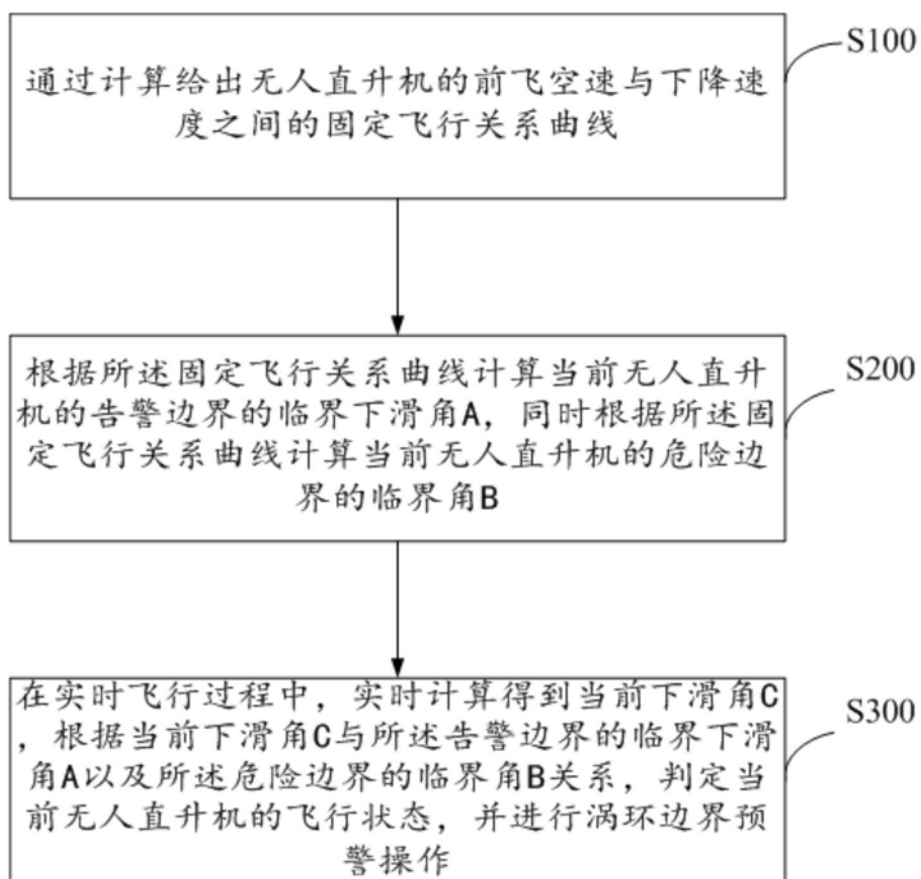


图4