



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108968181 A

(43)申请公布日 2018.12.11

(21)申请号 201810759427.8

(22)申请日 2018.07.11

(71)申请人 北京理工大学

地址 100081 北京市海淀区中关村南大街5号

(72)发明人 黄若 王腾飞 吴定宸

(74)专利代理机构 北京中海智圣知识产权代理有限公司 11282

代理人 徐金伟

(51) Int. Cl.

A41D 13/018(2006.01)

B64D 17/62(2006.01)

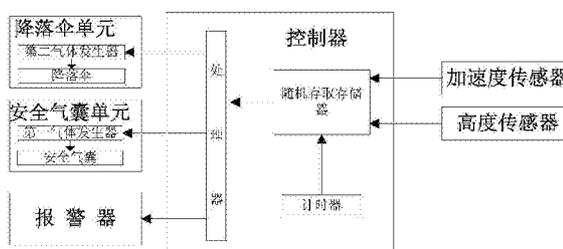
权利要求书3页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

一种坠落安全防护装置及其安全防护方法

(57)摘要

本发明涉及一种坠落安全防护装置及其安全防护方法,所述安全防护装置包括连体衣和安装在连体衣上的安全气囊单元和降落伞单元;安全气囊单元包括通过管路连接的安全气囊和第一气体发生器,降落伞单元包括降落伞包、收纳在降落伞包内的降落伞、设置在降落伞包内用于开启降落伞的第二气体发生器;所述装置还包括加速度传感器、高度传感器和控制器;控制器包括处理器、计时器和随机存取存储器。本发明所述的安全防护装置及其安全防护方法,通过实时监测高处作业人员所处高度和加速度,适时地自动控制安全气囊和降落伞开启,降低了高处作业人员坠落受伤的可能性。



1. 一种坠落安全防护装置,包括连体衣和安装在所述连体衣上的安全气囊单元和降落伞单元;所述安全气囊单元包括通过管路连接的安全气囊和第一气体发生器,所述降落伞单元包括降落伞包、收纳在所述降落伞包内的降落伞、设置在所述降落伞包内用于开启所述降落伞的第二气体发生器;其特征在于,所述安全防护装置还包括加速度传感器、高度传感器和控制器;

所述加速度传感器用于监测高处作业人员的加速度并产生加速度信号;

所述高度传感器用于实时监测高处作业人员与垂直方向障碍物最高点的真实高度并产生高度信号;

所述控制器包括处理器、计时器和随机存取存储器;

所述处理器用于将所述加速度信号和所述高度信号以及所述计时器生成的时间信号整合成高处作业人员的实时状态数据存储到所述随机存取存储器中,并通过分析所述实时状态数据控制第一气体发生器和第二气体发生器的开启。

2. 根据权利要求1所述的安全防护装置,其特征在于:所述降落伞包可拆卸地安装在所述连体衣上。

3. 根据权利要求1所述的安全防护装置,其特征在于:所述第一气体发生器和所述第二气体发生器均采用双极充气式结构。

4. 根据权利要求3所述的安全防护装置,其特征在于:所述双极充气式结构的气体发生器的气体发生物质均采用无钠叠氮化物。

5. 根据权利要求1所述的安全防护装置,其特征在于:所述安全气囊由相互独立地设置在所述连体衣上的小腿安全气囊,大腿安全气囊,胸部安全气囊,下臂安全气囊,上臂安全气囊,背部安全气囊组成。

6. 根据权利要求5所述的安全防护装置,其特征在于:所述小腿安全气囊,大腿安全气囊,胸部安全气囊,下臂安全气囊,上臂安全气囊,背部安全气囊均设置有泄气孔。

7. 根据权利要求1所述的安全防护装置,其特征在于:所述安全防护装置还包括受控于所述控制器并能产生声音信号和光信号的声光报警器。

8. 一种适用于权利要求1-7所述安全防护装置的安全防护方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1,高处作业人员穿戴连体衣;

步骤2,高处作业人员确认所述安全防护装置的高度传感器、加速度传感器、计时器、存储器、处理器、报警器、第一气体发生器、第二气体发生器均处于上电状态;

步骤3,由控制器确定高处作业人员实时状态:

步骤3.1,在控制器中设置相应的数据参数,包括用于判断高处作业人员实时状态的加速度阈值 G 和时间阈值 T ,以及降落伞的有效保护高度 H ;

步骤3.2,处理器将加速度信号、高度信号以及计时器生成的时间信号整合成高处作业人员的实时状态数据存储到随机存取存储器中;所述实时状态数据由时序的加速度信号值 g_n 和高度信号值 h_n 组成;

步骤3.3,处理器实时比较加速度信号值 g_n 与加速度阈值 G 的大小,当加速度信号 g_n 大于加速度阈值 G 时,记录加速度信号 g_n 超出加速度阈值 G 的起始时刻 T_0 ,持续时间 t_c ,以及 T_0 时刻的高度信号 h_0 ;

步骤3.4,处理器判断持续时间 t_c 是否大于时间阈值 T ,若是,则判定高处作业人员处于坠落状态;若否,则判定高处作业人员处于安全状态;

步骤4,判定高处作业人员处于坠落状态后,当控制器检测到控制降落伞开启的第二气体发生器,且 T_0 时刻的高度信号 h_0 大于降落伞的有效保护高度 H 时,第二气体发生器开启降落伞; T_0 时刻的高度信号 h_0 小于降落伞的有效保护高度 H 时,降落伞处于待开启状态;

步骤5,处理器计算第一气体发生器的点火时刻,并自动开启安全气囊;

步骤5.1,判定高处作业人员处于坠落状态,当第二气体发生器未开启,处理器计算第一气体发生器的点火时刻 T_{open} ,并在 T_{open} 时刻控制第一气体发生器点火;

采用以下公式计算空气阻力 Q :

$$Q = \frac{1}{2} c \rho v^2 A \quad \dots\dots (1)$$

式中: c —空气阻力系数, ρ —空气密度, v —物体与空气相对速度, A —物体迎风面积;

在计算空气阻力 Q 中,假定空气静止,物体大小形状不变,即 c 、 ρ 、 A 不变,空气阻力 Q 采用下式计算:

$$Q = kv^2 \dots\dots (2)$$

以下落点为坐标原点建立方向向下的一维坐标系 ox ,

根据牛顿第二定律:

$$m\ddot{x} = mg - k\dot{x}^2 \quad \dots\dots (3)$$

式中: m —高处作业人员和坠落安全防护装置总重量, g —重力加速度,

将式(3)分离变量并积分,得到:

$$\dot{x} = \sqrt{\frac{mg}{k}} \operatorname{th} \sqrt{\frac{kg}{m}} t \quad \dots\dots (4)$$

式中: t —自由落体运动进行的时间,

对式(4)进行积分,计算坠落高度 x :

$$x = \frac{m}{k} \ln \operatorname{ch} \sqrt{\frac{kg}{m}} t \quad \dots\dots (5)$$

处理器进行计算时,质量 m 、阻力系数 k 取经验值,重力加速度 g 取标准重力加速度 9.807m/s^2 ,

T_0 时刻由高度传感器测量出坠落高度 $x = h_0$,由式(5)计算出坠落所需总时间 t ,从开始坠落到输出第一气体发生器点火信号经过的时间 t_1 ,由下式表示:

$$t_1 = t - t_{open} \dots\dots (6)$$

式中: t —坠落所需总时间 s (秒),

t_1 —从开始坠落到输出第一气体发生器点火信号经过的时间 s (秒),

t_{open} —第一气体发生器接到点火指令到安全气囊完全打开需要的时间 s (秒),

第一气体发生器的点火时刻 T_{open} 为:

$$T_{open} = T_0 + t_1 \dots\dots (7);$$

步骤5.2,判定高处作业人员处于坠落状态,当第二气体发生器开启时,处理器计算第一气体发生器的点火时刻 T_{open} ,并在 T_{open} 时刻控制第一气体发生器点火;

实际中降落伞打开过程中坠落速度呈非线性变化,对降落伞完全打开前的加速度进行

积分,以降落伞完全打开时的垂直速度进行安全气囊开启时刻计算,降落伞完全开启时刻 T_p 由下式计算:

$$T_p = T_0 + T + t_p \cdots \cdots (8)$$

式中: T —判定坠落时间阈值,

t_p —降落伞完全打开需要的时间 s (秒),

通过对坠落过程的加速度进行积分,得到 T_p 时刻的垂直坠落速度 v_p :

$$v_p = \int_{T_0}^{T_p} a(t) dt \cdots \cdots (9)$$

式中: $a(t)$ —加速度传感器测得的竖直方向加速度 m/s^2 。

将降落伞完全打开后坠落过程中的系统迎风面积 A_1 近似视为不变,

记 T_p 时刻高度为 h_p ,将坠落过程与 c 、 ρ 、 A_1 不变的自由落体过程进行等效替换,具体步骤为:

将 v_p 带入式(4),求得 c 、 ρ 、 A_1 不变情况下速度为 v_p 时的等效坠落时间 t_Δ ,

将 t_Δ 带入式(5),求得速度为 v_p 时的等效坠落距离 h_Δ ;

h_Δ 与 h_p 之和为等效坠落高度 h' ,

将 h' 代入式(5),求得等效坠落时间 t' ,再由上式(6)、(7)计算安全气囊开启时刻 T'_{open} ;

步骤6,处理器判定高处作业人员处于坠落状态后,当处理器检测到加速度信号 g_n 小于 $0.2m/s^2$ 时,处理器控制声光报警器开启。

9.根据权利要求8所述的方法,其特征在于,所述步骤3.1中,加速度阈值 G 取 $9.78m/s^2$,时间阈值 T 取 $0.64s$ 。

一种坠落安全防护装置及其安全防护方法

技术领域

[0001] 本发明属于安全防护领域,具体涉及一种坠落安全防护装置及其安全防护方法。

背景技术

[0002] 高处作业是生产中常见的作业形式之一,在制造业、建筑业、造船、石油化工、电力等行业,高处作业随处可见。按中国国家标准GB/T3608-2008《高处作业分级》的规定:凡在坠落高度基准面2米以上(含两米)有可能坠落的高处进行的作业称为高处作业。按此概念,凡是在距离地面2米以上的高处工作,或是正在超过2米的梯子、架子上工作,均应视为高处作业。

[0003] 攀岩运动集健身、娱乐和竞技于一体,是一项深受人们欢迎的运动项目。走钢丝等体育、杂技活动,也深受人们的喜爱。这些体育运动和表演项目,也都具有较高的活动高度。

[0004] 在高空作业或运动,即存在坠落的风险,人员可能由于失足、踏空、打滑、抓持不牢等原因发生坠落。坠落事故的发生一般不可预见,突然发生,作用时间非常短,一般在2、3秒内。在这样短的时间内,依靠坠落者自身做出反应,采取某些主动自救措施是根本不可能的,必须依靠坠落防护装备对坠落者提供保护。

[0005] 目前最为常用的坠落防护装备主要有安全带、安全网、密目式安全立网等。安全带等常用的个体安全防护装置需要根据作业时的位置进行移动,使用不便;安全网等防护装置不能保证特殊工作位置的坠落安全防护。

[0006] 现有技术中,专利公开号CN 206166140 U的实用新型公开了一种救生背包,采用控制器,包括背包本体、气囊防护单元、绳钩发射单元、降落伞单元、供电电路、坠落检测装置以及总控制器;在背包本体还固定安装坠落检测装置、供电电路以及总控制器;总控制器分别与坠落检测装置、供电电路、单向阀、绳钩发射控制阀门以及降落伞打开控制阀门电连接。通过绳钩、气囊和降落伞对坠落人员进行自动安全防护。但该专利存在如下的缺陷:1.没有对气囊的打开时刻进行精确控制,气囊打开过早或过迟对高处作业人员不能起到防护作用;2.在高空作业人员所处高度较低时,只需气囊即可实现对高空作业人员的保护,且降落伞可能会因来不及完全打开失效。

[0007] 此外,现有专利技术中,专利公开号CN102961833A的发明公开了一种高空防护服,包括通过输气管路相连通的气体发生器和护身气囊,设有坠落传感器,用于监测躯体的加速度运动,并产生相应的加速度信号;控制单元,用于接收判定加速度信号,并控制气体发生器。同样地,该专利申请存在的缺陷是,没有对气囊的打开时刻进行精确控制,气囊打开过早或过迟对高空作业人员不能起到防护作用。

发明内容

[0008] 为弥补现有技术中的缺陷,本发明提供一种坠落安全防护装置及其安全防护方法。

[0009] 所述安全防护装置包括：连体衣和安装在连体衣上的安全气囊单元和降落伞单元；安全气囊单元包括通过管路连接的安全气囊和第一气体发生器，降落伞单元包括降落伞包、收纳在降落伞包内的降落伞、设置在降落伞包内用于开启降落伞的第二气体发生器；

[0010] 所述安全防护装置还包括加速度传感器、高度传感器和控制器；

[0011] 加速度传感器，用于监测高处作业人员的加速度并产生加速度信号；

[0012] 高度传感器，用于实时监测高处作业人员与垂直方向障碍物最高点的真实高度并产生高度信号；

[0013] 控制器包括处理器、计时器和随机存取存储器；

[0014] 处理器，用于将所述加速度信号和所述高度信号以及计时器生成的时间信号整合成高处作业人员的实时状态数据存储到随机存取存储器中，并通过分析实时状态数据适时地控制第一气体发生器和第二气体发生器的开启。

[0015] 进一步地，降落伞包可拆卸地安装在连体衣上。

[0016] 进一步地，第一气体发生器和第二气体发生器均采用双极充气式结构。

[0017] 进一步地，双极充气式结构的气体发生器的气体发生物质均采用无钠叠氮化物。

[0018] 进一步地，安全气囊由相互独立地设置在连体衣上的小腿安全气囊，大腿安全气囊，胸部安全气囊，下臂安全气囊，上臂安全气囊，背部安全气囊组成。

[0019] 进一步地，所述安全防护装置还包括受控于控制器并能产生声音信号和光信号的声光报警器。

[0020] 进一步地，小腿安全气囊，大腿安全气囊，胸部安全气囊，下臂安全气囊，上臂安全气囊，背部安全气囊均设置有泄气孔。

[0021] 本发明提供一种使用所述安全防护装置的安全防护方法，所述安全防护方法包括以下步骤：

[0022] 步骤1，高处作业人员穿戴连体衣；

[0023] 步骤2，高处作业人员确认所述安全防护装置的高度传感器、加速度传感器、计时器、存储器、处理器、声光报警器、第一气体发生器、第二气体发生器均处于上电状态；

[0024] 步骤3，控制器确定高处作业人员实时状态，具体包括：

[0025] 步骤3.1，在控制器中设置相应的数据参数，包括用于判断高处作业人员实时状态的加速度阈值 G 和时间阈值 T ，以及降落伞的有效保护高度 H ；

[0026] 步骤3.2，处理器将加速度信号、高度信号以及计时器生成的时间信号整合成高处作业人员的实时状态数据存储到随机存取存储器中；实时状态数据由时序的加速度信号值 g_n 和高度信号值 h_n 组成；

[0027] 步骤3.3，处理器实时比较加速度信号值 g_n 与加速度阈值 G 的大小，当加速度信号 g_n 大于加速度阈值 G 时，记录加速度信号 g_n 超出加速度阈值 G 的起始时刻 T_0 ，持续时间 t_c ，以及 T_0 时刻的高度信号 h_0 ；

[0028] 步骤3.4，处理器判断持续时间 t_c 是否大于时间阈值 T ，若是，则判定高处作业人员处于坠落状态；若否，则判定高处作业人员处于安全状态；

[0029] 步骤4，判定高处作业人员处于坠落状态后，当控制器检测到控制降落伞开启的第二气体发生器，且 T_0 时刻的高度信号 h_0 大于降落伞的有效保护高度 H 时，第二气体发生器开

启降落伞; T_0 时刻的高度信号 h_0 小于降落伞的有效保护高度 H 时, 降落伞处于待开启状态;

[0030] 步骤5, 处理器计算第一气体发生器的点火时刻 T_{open} , 并自动开启安全气囊;

[0031] 步骤5.1, 判定高处作业人员处于坠落状态, 当第二气体发生器未开启, 处理器计算第一气体发生器的点火时刻 T_{open} , 并在 T_{open} 时刻控制第一气体发生器点火;

[0032] 采用以下公式计算空气阻力 Q :

$$[0033] \quad Q = \frac{1}{2} c_p v^2 A \quad \dots\dots (1)$$

[0034] 式中: c —空气阻力系数, ρ —空气密度, v —物体与空气相对速度, A —物体迎风面积;

[0035] 在计算空气阻力 Q 中, 假定空气静止, 物体大小形状不变, 即 c 、 ρ 、 A 不变, 空气阻力 Q 采用下式计算:

$$[0036] \quad Q = kv^2 \dots\dots (2)$$

[0037] 以下落点为坐标原点建立方向向下的一维坐标系 ox ,

[0038] 根据牛顿第二定律:

$$[0039] \quad m\ddot{x} = mg - kx^2 \quad \dots\dots (3)$$

[0040] 式中: m —高处作业人员和坠落安全防护装置总重量, g —重力加速度,

[0041] 将式 (3) 分离变量并积分, 得到:

$$[0042] \quad \dot{x} = \sqrt{\frac{mg}{k}} \operatorname{th} \sqrt{\frac{kg}{m}} t \quad \dots\dots (4)$$

[0043] 式中: t —自由落体运动进行的时间,

[0044] 对式 (4) 进行积分, 计算坠落高度 x :

$$[0045] \quad x = \frac{m}{k} \operatorname{lnch} \sqrt{\frac{kg}{m}} t \quad \dots\dots (5)$$

[0046] 处理器进行计算时, 质量 m 、阻力系数 k 取经验值, 重力加速度 g 取标准重力加速度 9.807m/s^2 ,

[0047] T_0 时刻由高度传感器测量出坠落高度 $x = h_0$, 由式 (5) 计算出坠落所需总时间 t , 从开始坠落到输出第一气体发生器点火信号经过的时间 t_1 , 由下式表示:

$$[0048] \quad t_1 = t - t_{open} \dots\dots (6)$$

[0049] 式中: t —坠落所需总时间 s (秒),

[0050] t_1 —从开始坠落到输出第一气体发生器点火信号经过的时间 s (秒),

[0051] t_{open} —第一气体发生器接到点火指令到安全气囊完全打开需要的时间 s (秒),

[0052] 第一气体发生器的点火时刻 T_{open} 为:

$$[0053] \quad T_{open} = T_0 + t_1 \dots\dots (7);$$

[0054] 步骤5.2, 判定高处作业人员处于坠落状态, 当第二气体发生器开启时, 处理器计算第一气体发生器的点火时刻 T'_{open} , 并在 T'_{open} 时刻控制第一气体发生器点火;

[0055] 实际中降落伞打开过程中坠落速度呈非线性变化, 对降落伞完全打开前的加速度进行积分, 以降落伞完全打开时的垂直速度进行安全气囊开启时刻计算, 降落伞完全开启时刻 T_p 由下式计算:

$$[0056] \quad T_p = T_0 + T + t_p \dots\dots (8)$$

[0057] 式中： T —判定坠落时间阈值，

[0058] t_p —降落伞完全打开需要的时间 s （秒），

[0059] 通过对坠落过程的加速度进行积分，得到 T_p 时刻的垂直坠落速度 v_p ：

$$[0060] \quad v_p = \int_{T_0}^{T_p} a(t) dt \quad \dots\dots (9)$$

[0061] 式中： $a(t)$ ——加速度传感器测得的竖直方向加速度 m/s^2 。

[0062] 将降落伞完全打开后坠落过程中的系统迎风面积 A_1 近似视为不变，

[0063] 记 T_p 时刻高度为 h_p ，将坠落过程与 c 、 ρ 、 A_1 不变的自由落体过程进行等效替换，具体步骤为：

[0064] 将 v_p 带入式(4)，求得 c 、 ρ 、 A_1 不变情况下速度为 v_p 时的等效坠落时间 t_Δ ，

[0065] 将 t_Δ 带入式(5)，求得速度为 v_p 时的等效坠落距离 h_Δ ；

[0066] h_Δ 与 h_p 之和为等效坠落高度 h' ，

[0067] 将 h' 代入式(5)，求得等效坠落时间 t' ，再由上式(6)、(7)计算安全气囊开启时刻 T'_{open} ；

[0068] 步骤6，高处作业人员处于坠落状态后，当处理器检测到加速度信号 g_n 小于 $0.2m/s^2$ 时，处理器控制声光报警器开启。

[0069] 进一步地，加速度阈值 G 取 $9.78m/s^2$ ，时间阈值 T 取 $0.64s$ 。

[0070] 所述安全防护装置及其安全防护方法的优越效果在于，通过实时监测高处作业人员所处高度和加速度，适时地自动控制安全气囊和降落伞开启，降低了高处作业人员坠落受伤的可能性；同时，根据高处作业人员的工作高度范围可选择是否携带降落伞，在工作高度工作较低时，可取消救生降落伞，简化了装备的结构，减轻了装备的质量。

附图说明

[0071] 图1是本发明所述安全防护装置的系统图；

[0072] 图2是本发明实施例一提供的坠落安全防护装置的正视图；

[0073] 图3是图2的后视图。

[0074] 图中所示：

[0075] 1-连体衣，2-第一气体发生器，3-安全气囊，31-上臂安全气囊，32-下臂安全气囊，33-大腿安全气囊，34-小腿安全气囊，35-胸部安全气囊，36-背部安全气囊，4-降落伞包，控制器-5。

具体实施方式

[0076] 下面结合附图和实施例，对本发明作进一步的说明。

实施例一

[0077] 如图1-3所示，所述防护装置包括：连体衣1，安全气囊3分布式的设置在连体衣1的各个部位，其中，安全气囊3包括相互独立地设置在连体衣1上臂、下臂、小腿、大腿、胸部、背部的上臂安全气囊31、下臂安全气囊32、小腿安全气囊33、大腿安全气囊34、胸部安全气囊35和背部安全气囊36，安全气囊3通过导气管（图中虚线部分所示）与设置在连体衣1中部右侧的第一气体发生器2固定连接，第一气体发生器2用于向安全气囊3输送气体。

[0078] 连体衣1的背部可拆卸地安装着降落伞包4,降落伞包4的内部收纳着降落伞以及用于控制开启降落伞的第二气体发生器(图中未示)。高处作业人员根据其工作的高度范围选择是否携带降落伞,在工作高度低于降落伞的有效保护高度时,高处作业人员可将降落伞拆除,进一步地简化防护装置的结构,减轻整体质量。

[0079] 连体衣1中部左侧设置控制器5,为了控制安全气囊3在合适的时刻开启,控制器5连接有加速度传感器、高度传感器(图中未示),加速度传感器用于监测高处作业人员的加速度并产生加速度信号;高度传感器用于监测高处作业人员与垂直方向障碍物最高点的真实高度并产生高度信号。

[0080] 控制器5包括处理器、计时器和随机存取存储器(图中未示),处理器用于将加速度信号和高度信号以及计时器生成的时间信号整合成高处作业人员的实时状态数据,并存储到随机存取存储器中,处理器通过分析实时状态数据适时地控制第一气体发生器2和第二气体发生器的开启。

[0081] 所述防护装置的安全气囊3设置有泄气孔(图中未示),安全气囊3通过泄气孔排气会产生阻尼作用力,降低坠落人员所受的伤害,当安全气囊3开启时刻提前,安全气囊3接触地面前,一旦气体通过泄气孔流失,就不能对高处作业人员起到最佳的保护作用;当安全气囊3开启时刻延后,安全气囊3未完全展开时人已经落地,第一是未完全展开的安全气囊3可能不足以保护高处作业人员,第二是继续膨胀的安全气囊3展开的强大冲击力可能会对高处作业人员造成伤害。因此,控制安全气囊3在合适的时刻开启,对坠落安全防护具有重要意义。

[0082] 进一步地,本实施例中第一气体发生器2和第二气体发生器均采用双极充气式发生器,双极充气式发生器的气体发生物质采用无钠叠氮化物。双极充气式的气体发生器,既能改变气体的发生量及发生速度,还能控制安全气囊3的充气量,避免安全气囊3对使用者可能造成的二次伤害。作为优选的气体发生物质,在产生等量气体的情况下,无钠叠氮化物耗用量比传统的叠氮化钠发生剂的少。这在一定程度上减少了防护装置的整体质量。

[0083] 进一步的,控制器5还连接有声光报警器,声光报警器受控于控制器。当高处作业人员坠地时,控制器自动控制开启声光报警器,声光报警器发出声音信号和光信号吸引周围的其他人员进行救助。

[0084] 本发明所述安全防护装置,适用于突发性坠落。高处作业人员在突发性坠落的过程中难以及时作出自救,坠落过程中控制器通过对加速度、高度和时间三个参数的实时监控,自动控制安全气囊3和降落伞的开启,并精准把控安全气囊3和降落伞的开启时间。

[0085] 下面结合实施例二,具体介绍所述安全防护装置的安全防护方法。

[0086] 实施例二,所述安全防护装置的安全防护方法包括以下步骤:

[0087] 步骤1,高处作业人员穿戴连体衣1;在穿戴连体衣1之前,高处作业人员可根据工作高度,选择是否将降落伞包4从连体衣1上拆除;在工作高度低于降落伞的有效保护高度时,高处作业人员可将降落伞包4拆除。

[0088] 步骤2,高处作业人员确认所述安全防护装置处于工作状态(确认高度传感器、加速度传感器、计时器、存储器、处理器、声光报警器、第一气体发生器、第二气体发生器均处于上电状态);

[0089] 步骤3,控制器确定高处作业人员实时状态,具体包括:

[0090] 步骤3.1,在控制器5中设置相应的数据参数,包括用于判断高处作业人员实时状态的加速度阈值G和时间阈值T,以及降落伞的有效保护高度H;由于地表附近的重力加速度值都介于 9.78m/s^2 和 9.83m/s^2 之间,为保证本安全防护装置控制系统在不同地区的有效性,加速度阈值G取 9.78m/s^2 为参照数值;以坠落2米为判定高处作业人员处于坠落状态的参照标准,时间阈值T取0.64s为参照数值。

[0091] 步骤3.2,处理器将加速度信号和高度信号以及计时器生成的时间信号整合成高处作业人员的实时状态数据存储到随机存取存储器中;实时状态数据由时序的加速度信号值 g_n 和高度信号值 h_n 组成;

[0092] 步骤3.3,处理器实时比较加速度信号值 g_n 与加速度阈值G的大小,当加速度信号 g_n 大于加速度阈值G时,记录加速度信号 g_n 超出加速度阈值G的起始时刻 T_0 ,持续时间 t_c ,以及 T_0 时刻的高度信号 h_0 ;

[0093] 步骤3.4,处理器判断持续时间 t_c 是否大于时间阈值T,若是,则判定高处作业人员处于坠落状态;若否,则判定高处作业人员处于安全状态;安全状态下,安全气囊和降落伞不会开启;

[0094] 步骤4,处理器判定高处作业人员处于坠落状态后,当控制器5检测到控制降落伞开启的第二气体发生器,且 T_0 时刻的高度信号 h_0 大于降落伞的有效保护高度H时,处理器自动控制降落伞开启; T_0 时刻的高度信号 h_0 小于降落伞的有效保护高度H时,降落伞不开启;

[0095] 步骤5,处理器计算第一气体发生器的点火时刻,并自动开启安全气囊;

[0096] 步骤5.1,判定高处作业人员处于坠落状态后,当第二气体发生器未开启,处理器计算第一气体发生器的点火时刻 T_{open} ,并在 T_{open} 时刻控制第一气体发生器点火;

[0097] 采用以下公式计算空气阻力Q:

$$[0098] \quad Q = \frac{1}{2} c \rho v^2 A \quad \dots\dots (1)$$

[0099] 式中:c—空气阻力系数, ρ —空气密度,v—物体与空气相对速度,A—物体迎风面积;

[0100] 在计算空气阻力Q中,假定空气静止,物体大小形状不变, $c\rho A$ 不变,即空气阻力Q采用下式计算:

$$[0101] \quad Q = kv^2 \dots\dots (2)$$

[0102] 以下落点为坐标原点建立方向向下的一维坐标系ox,

[0103] 根据牛顿第二定律:

$$[0104] \quad m\ddot{x} = mg - k\dot{x}^2 \quad \dots\dots (3)$$

[0105] 式中:m—高处作业人员和坠落安全防护装置总重量,g—重力加速度,

[0106] 将式(3)分离变量并积分,得到:

$$[0107] \quad \dot{x} = \sqrt{\frac{mg}{k}} \operatorname{th} \sqrt{\frac{kg}{m}} t \quad \dots\dots (4)$$

[0108] 式中:t—自由落体运动进行的时间,

[0109] 对式(4)进行积分,计算坠落高度x:

$$[0110] \quad x = \frac{m}{k} \ln \operatorname{ch} \sqrt{\frac{kg}{m}} t \quad \dots\dots (5)$$

[0111] 处理器进行计算时,质量 m 、阻力系数 k 取经验值,重力加速度 g 取标准重力加速度 9.807m/s^2 ,

[0112] T_0 时刻由高度传感器测量出坠落高度 $x=h_0$,由式(5)计算出坠落所需总时间 t ,从开始坠落到输出第一气体发生器2的点火信号经过的时间 t_1 ,由下式表示:

$$[0113] \quad t_1 = t - t_{\text{open}} \cdots \cdots (6)$$

[0114] 式中: t —坠落所需总时间 s (秒), t_1 —从开始坠落到输出第一气体发生器点火信号经过的时间 s (秒), t_{open} —第一气体发生器接到点火指令到安全气囊完全打开需要的时间 s (秒);

[0115] 第一气体发生器的点火时刻 T_{open} 为:

$$[0116] \quad T_{\text{open}} = T_0 + t_1 \cdots \cdots (7);$$

[0117] 步骤5.2,判定高处作业人员处于坠落状态后,当第二气体发生器开启时,处理器计算第一气体发生器的点火时刻 T'_{open} ,并在 T'_{open} 时刻控制第一气体发生器点火;

[0118] 实际中降落伞打开过程中坠落速度呈非线性变化,对降落伞完全打开前的加速度进行积分,以降落伞完全打开时的垂直速度进行安全气囊开启时刻计算,降落伞完全开启时刻 T_p 由下式计算:

$$[0119] \quad T_p = T_0 + T + t_p \cdots \cdots (8)$$

[0120] 式中: T —判定坠落时间阈值,

[0121] t_p —降落伞完全打开需要的时间 s (秒),

[0122] 通过对坠落过程的加速度进行积分,得到 T_p 时刻的垂直坠落速度 v_p :

$$[0123] \quad v_p = \int_{T_0}^{T_p} a(t) dt \cdots \cdots (9)$$

[0124] 式中: $a(t)$ —加速度传感器测得的竖直方向加速度 m/s^2 。

[0125] 将降落伞完全打开后坠落过程中的系统迎风面积 A_1 近似视为不变,

[0126] 记 T_p 时刻高度为 h_p ,将坠落过程与 c 、 ρ 、 A_1 不变的自由落体过程进行等效替换,其步骤为:

[0127] 将 v_p 带入式(4),求得 c 、 ρ 、 A_1 不变情况下速度为 v_p 时的等效坠落时间 t_{Δ} ,

[0128] 将 t_{Δ} 带入式(5),求得速度为 v_p 时的等效坠落距离 h_{Δ} ;

[0129] h_{Δ} 与 h_p 的和即为等效坠落高度 h' ,

[0130] 将 h' 代入式(5),求得等效坠落时间 t' ,再由式(6)、(7)计算安全气囊开启时刻 T'_{open} 。

[0131] 步骤6,高处作业人员处于坠落状态后,当处理器检测到加速度信号 g_n 小于 0.2m/s^2 时,处理器控制声光报警器开启。

[0132] 本发明并不限于上述实施方式,在不背离本发明实质内容的前提下,本领域技术人员可以想到的任何变形、改进、替换均落入本发明的保护范围。

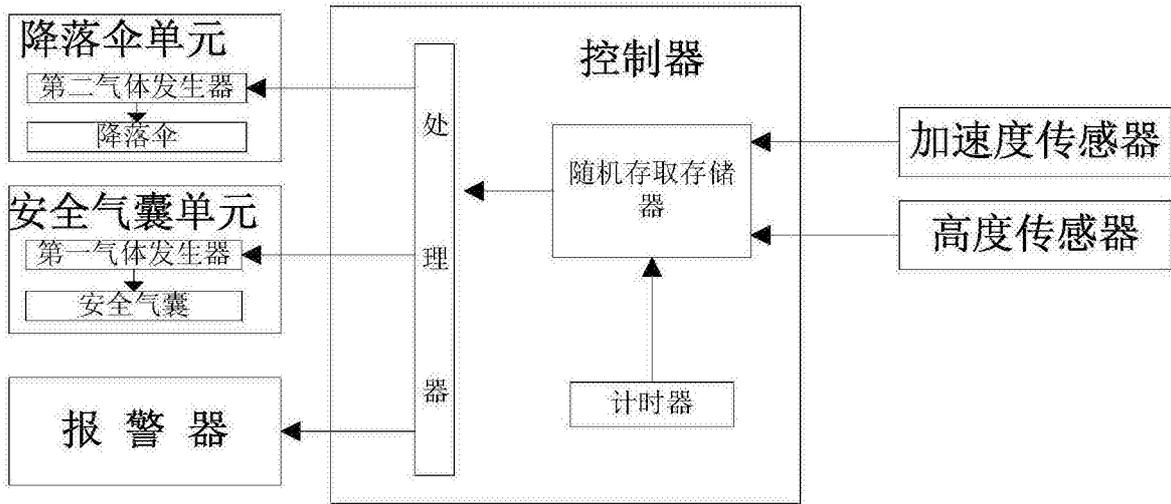


图1

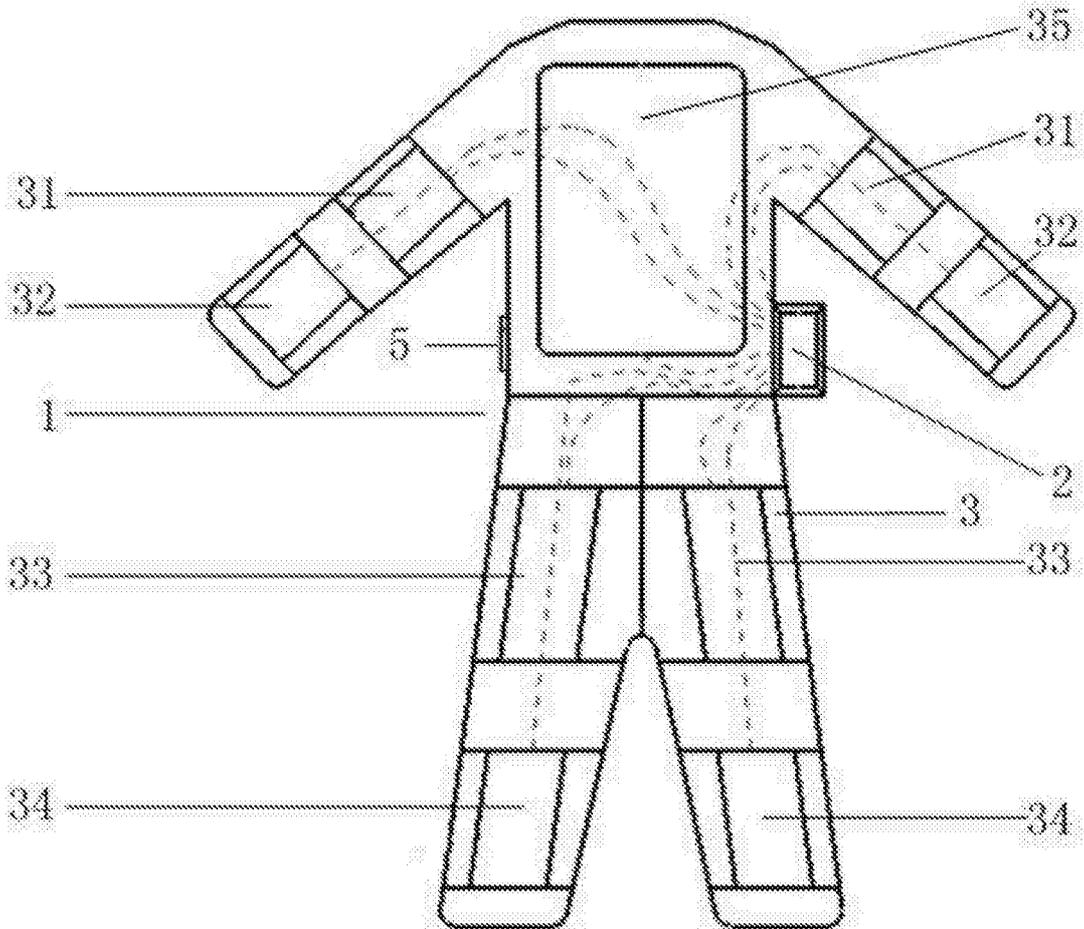


图2

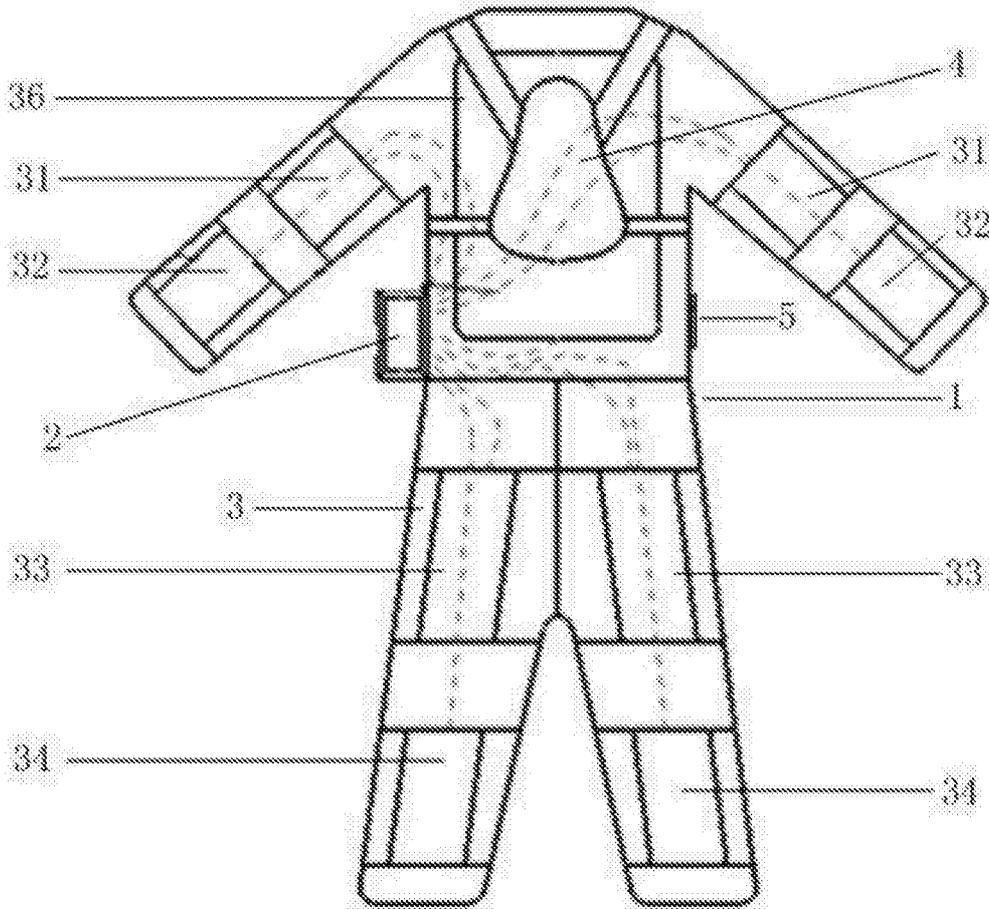


图3