



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110356862 A

(43)申请公布日 2019. 10. 22

(21)申请号 201910470364.9

(22)申请日 2019.05.31

(71)申请人 燕山大学

地址 066004 河北省秦皇岛市海港区河北大街438号

申请人 秦皇岛燕大滨沅科技发展有限公司

(72)发明人 张文明 张烁 李海滨 陈贵林
董建伟 贾璐 张建 苏青

(74)专利代理机构 北京聿华联合知识产权代理有限公司 11611

代理人 张文娟 朱绘

(51)Int.Cl.

B65G 65/28(2006.01)

B65G 43/00(2006.01)

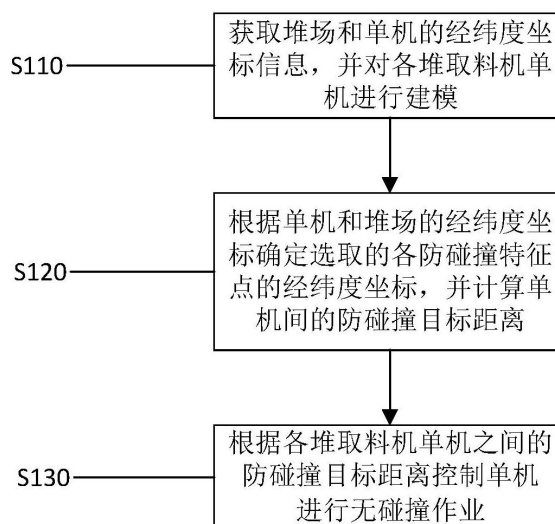
权利要求书2页 说明书10页 附图4页

(54)发明名称

一种基于GPS定位的堆取料机防碰撞方法及系统

(57)摘要

本发明提供了一种基于GPS定位的堆取料机防碰撞方法及系统,该方法包括:根据获取的堆场和堆取料机单机的经纬度坐标信息分别对各堆取料机单机的大臂和配重进行轮廓建模,然后根据堆场和各单机的经纬度坐标信息计算选取的各防碰撞特征点的经纬度坐标信息,并计算各堆取料机单机之间的防碰撞目标距离,进而根据各堆取料机单机之间的防碰撞目标距离控制对应的堆取料机单机进行无碰撞作业。采用上述技术方案,克服了现有技术中防碰撞计算精确度过低的问题,同时解决了传统方法中计算过程繁琐,数据冗余量大的问题,不仅对单机的底盘、大臂和配重实现全方位防碰撞,且保障了防碰撞计算的高效性和精确性,相当程度上促进了无人化堆取料技术的发展。



1. 一种基于GPS定位的堆取料机防碰撞方法,其特征在于,所述方法包括:

步骤S1、利用GPS定位技术获取堆场和各堆取料机单机的经纬度坐标信息,并对各堆取料机单机的大臂和配重进行轮廓建模;

步骤S2、根据堆场和各堆取料机单机的经纬度坐标信息确定选取的各个防碰撞特征点的经纬度坐标信息,并基于所述各个防碰撞特征点的经纬度坐标信息结合建模结果计算各堆取料机单机之间的防碰撞目标距离;

步骤S3、根据各堆取料机单机之间的防碰撞目标距离控制对应的堆取料机单机进行无碰撞作业。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,在所述步骤S1中,利用GPS定位技术获取堆场和各堆取料机单机的经纬度坐标信息的过程包括:

获取各堆场各轨道始发点的经纬度坐标;

将堆取料机单机的大臂外端点设置为单机的头部,将堆取料机单机的配重外端点设置为单机的尾部,获取单机头部和尾部的经纬度坐标信息,并以此计算堆取料机单机的位置信息。

3. 如权利要求1或2所述的方法,其特征在于,在所述步骤S2中,按照如下规则选取各堆取料机单机的所述防碰撞特征点:

在各堆取料机单机的头部与尾部之间,按照设定间距插入n-2个附加特征点;

选取堆取料机单机的底盘中心作为堆取料机单机的底盘特征点;

将堆取料机单机的头部、尾部、附加特征点和底盘特征点作为堆取料机单机的防碰撞特征点。

4. 如权利要求3所述的方法,其特征在于,在所述步骤S2中,确定各个防碰撞特征点的经纬度坐标信息,包括下述操作:

步骤A1、根据获取的堆取料机单机头部和尾部的经纬度坐标计算各堆取料机单机的附加特征点的经纬度坐标;

步骤A2、根据所述堆取料机单机头部和尾部的经纬度坐标及对应的堆场轨道起始点的经纬度坐标计算各堆取料机单机底盘特征点的位置信息。

5. 如权利要求4所述的方法,其特征在于,在所述步骤A1中,计算各堆取料机单机附加特征点的经纬度坐标的过程包括:设定堆取料机单机头部D的经纬度坐标为 (x_h, y_h) ,尾部C的经纬度坐标为 (x_e, y_e) ,按照下式计算以头部为起点第i个附加特征点的经纬度坐标 (x_i, y_i) :

$$x_i = \frac{x_e + \frac{i}{n-i} x_h}{\frac{i}{n-i} + 1} \quad y_i = \frac{y_e + \frac{i}{n-i} y_h}{\frac{i}{n-i} + 1}$$

式中, $1 < i < n$,且i取正整数。

6. 如权利要求4或5所述的方法,其特征在于,在所述步骤A2中,计算堆取料机单机的底盘特征点位置信息的过程包括:

设定堆取料机单机的底盘中心为其回转中心H,按下式计算两种情况下堆取料机单机回转中心与对应轨道起始点的距离GH,作为单机底盘特征点的位置信息:

$$GH = \begin{cases} \frac{DF + \frac{DH}{CH} CE}{\frac{DH}{CH} + 1} & CE \geq DF \\ \frac{CE + \frac{CH}{DH} DF}{\frac{CH}{DH} + 1} & CE < DF \end{cases}$$

其中,

$$DF = \sqrt{BD^2 - \left(\frac{AB^2 - AD^2 + BD^2}{2AB} \right)^2}$$

$$CE = \sqrt{AC^2 - \left(\frac{AB^2 - BC^2 + AC^2}{2AB} \right)^2}$$

式中,XY为X点与Y点间的距离,点A、G和B为堆场的轨道起始点,H为堆取料机单机的回转中心,F点为堆取料机单机的头部D点与堆场轨道起始线AB的垂足,E为堆取料机单机的尾部C点与堆场轨道起始线AB的垂足,R为地球的平均半径。

7.如权利要求1~6中任一项所述的方法,其特征在于,在所述步骤S2中,基于所述经纬度坐标信息计算各堆取料机单机之间的目标距离的过程包括:

C1、计算一台堆取料机单机回转中心与对应轨道起始点距离GH与另一台堆取料机单机回转中心与对应轨道起始点距离GH的差值作为两台堆取料机单机之间的第一目标距离a;

C2、计算一台堆取料机单机头部、尾部和附加特征点与另一台堆取料机单机头部、尾部和附加特征点之间的最小距离作为第二目标距离p。

8.如权利要求7中所述的方法,其特征在于,所述步骤C2中,通过下式计算堆取料机单机A的第i个特征点 (x_{1i}, y_{1i}) 与堆取料机单机B的第j个特征点 (x_{2j}, y_{2j}) 之间的距离p:

$$p = \min_{\substack{1 \leq i \leq n \\ 1 \leq j \leq n}} \sqrt{\left(\frac{\pi(x_{2j} - x_{1i})R \cos \frac{(y_{1i} + y_{2j})\pi}{360}}{180} \right)^2 + \left(\frac{\pi(y_{2j} - y_{1i})R}{180} \right)^2}$$

式中, $i, j, n \in N$ 。

9.如权利要求8所述的方法,其特征在于,所述步骤S3中,根据各堆取料机单机之间的防碰撞目标距离控制对应的堆取料机单机进行无碰撞作业,包括:

步骤D1、将不同堆取料机单机间的所述第一目标距离a与设定的第一初级阈值和第一高级阈值进行比较,根据比较结果控制对应的堆取料机单机进行无碰撞作业;

步骤D2、将不同堆取料机单机间的所述第二目标距离p与设定的第二初级阈值和第二高级阈值进行比较,根据比较结果控制对应的堆取料机单机进行无碰撞作业。

10.一种基于GPS定位的堆取料机防碰撞系统,其特征在于,所述系统执行如权利要求1~9中任意一项所述的方法。

一种基于GPS定位的堆取料机防碰撞方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及机械控制技术领域,尤其涉及一种基于GPS定位的堆取料机防碰撞方法及系统。

背景技术

[0002] 在煤炭、矿石港口等大型物资转运基地,堆取料机作为其中的执行器,无论是在翻堆流程(翻车机堆料流程),还是取装流程(取料机装船流程),其都扮演着非常重要的角色。一个堆场中一般有多条轨道,一条轨道有多台堆取料机,不可避免地存在两条轨道的单机在同场同垛作业情况和同一条轨道上的相邻单机在相邻场垛作业的情况。此外,智能技术发展蒸蒸日上,港口堆场也逐渐向无人化堆取料作业发展,这就意味着在未来堆取料机作业过程中,单机上就不再有司机,控制人员将会在中控室通过现场监控界面远程控制单机,针对这样的作业模式,采用准确高效的防碰撞方法非常重要。

[0003] 目前在港口和钢厂中的堆取料机使用的传统防碰撞方法有以下两种:一是实时获取所有堆取料机单机编码器的位置数据,在中控PLC(Programmable Logic Controller)中对各个单机编码器的位置数据进行计算和比较,当同一条轨道上的两台单机位置数据的差值小于一定阈值时,单机禁止动作。这种方法中相邻轨道的单机防碰撞主要依靠的是单机司机和现场巡视的配合,在雨雪天气,单机轮子易打滑,造成编码器数据不准,或者夜间作业存在视线或人员疲惫问题,都会严重影响堆取料机防碰撞操作的效果和精度。二是在堆取料机单机的底盘中心部位和大臂外端安装GPS移动站,利用GPS数据实时计算获取堆取料机单机底盘中心的行走、回转和俯仰信息。这种防碰撞方法中,堆取料机大臂之间的防碰撞主要依据的是根据大臂外端的定位数据和单机底盘中心的定位数据计算的距离,计算步骤繁琐,算法运算量大,占用大量中控PLC的CPU内存,易导致CPU卡顿和死机的现象,且计算结果精确度过低,作业过程中防碰撞效果不好,此外,这种防碰撞方法无法对堆取料机的大臂、配重、底盘实现全面的防碰撞。

发明内容

[0004] 为解决上述问题,本发明提供了一种基于GPS定位的堆取料机防碰撞方法,在一个实施例中,所述方法包括:

[0005] 步骤S1、利用GPS定位技术获取堆场和各堆取料机单机的经纬度坐标信息,并对各堆取料机单机的大臂和配重进行轮廓建模;

[0006] 步骤S2、根据堆场和各堆取料机单机的经纬度坐标信息确定选取的各个防碰撞特征点的经纬度坐标信息,并基于所述各个防碰撞特征点的经纬度坐标信息结合建模结果计算各堆取料机单机之间的防碰撞目标距离;

[0007] 步骤S3、根据各堆取料机单机之间的防碰撞目标距离控制对应的堆取料机单机进行无碰撞作业。

[0008] 优选地,在所述步骤S1中,利用GPS定位技术获取堆场和各堆取料机单机的经纬度

坐标信息的过程包括：

[0009] 获取各堆场各轨道始发点的经纬度坐标；

[0010] 将堆取料机单机的大臂外端点设置为单机的头部，将堆取料机单机的配重外端点设置为单机的尾部，获取单机头部和尾部的经纬度坐标信息，并以此计算堆取料机单机的位置信息。

[0011] 优选地，在所述步骤S2中，按照如下规则选取各堆取料机单机的所述防碰撞特征点：

[0012] 在各堆取料机单机的头部与尾部之间，按照设定间距插入 $n-2$ 个附加特征点；

[0013] 选取堆取料机单机的底盘中心作为堆取料机单机的底盘特征点；

[0014] 将堆取料机单机的头部、尾部、附加特征点和底盘特征点作为堆取料机单机的防碰撞特征点。

[0015] 优选地，确定各个防碰撞特征点的经纬度坐标信息，包括下述操作；

[0016] 步骤A1、根据获取的堆取料机单机头部和尾部的经纬度坐标计算各堆取料机单机的附加特征点的经纬度坐标；

[0017] 步骤A2、根据所述堆取料机单机头部和尾部的经纬度坐标及对应的堆场轨道起始点的经纬度坐标计算各堆取料机单机底盘特征点的位置信息。

[0018] 进一步地，在所述步骤A1中，计算各堆取料机单机附加特征点的经纬度坐标的过程包括：设定堆取料机单机头部D的经纬度坐标为 (x_h, y_h) ，尾部C的经纬度坐标为 (x_e, y_e) ，按照下式计算以头部为起点第 i 个附加特征点的经纬度坐标 (x_i, y_i) ：

$$[0019] \quad x_i = \frac{x_e + \frac{i}{n-i}x_h}{\frac{i}{n-i} + 1} \quad y_i = \frac{y_e + \frac{i}{n-i}y_h}{\frac{i}{n-i} + 1}$$

[0020] 式中， $1 < i < n$ ，且 i 取正整数。

[0021] 进一步地，在所述步骤A2中，计算堆取料机单机的底盘特征点位置信息的过程包括：

[0022] 设定堆取料机单机的底盘中心为其回转中心H，按下式计算两种情况下堆取料机单机回转中心与对应轨道起始点的距离GH，作为单机底盘特征点的位置信息：

$$[0023] \quad GH = \begin{cases} \frac{DF + \frac{DH}{CH}CE}{\frac{DH}{CH} + 1} & CE \geq DF \\ \frac{CE + \frac{CH}{DH}DF}{\frac{CH}{DH} + 1} & CE < DF \end{cases}$$

[0024] 其中，

$$[0025] \quad DF = \sqrt{BD^2 - \left(\frac{AB^2 - AD^2 + BD^2}{2AB} \right)^2}$$

$$[0026] \quad CE = \sqrt{AC^2 - \left(\frac{AB^2 - BC^2 + AC^2}{2AB} \right)^2}$$

[0027] 式中,XY为X点与Y点间的距离,点A、G和B为堆场的轨道起始点,H为堆取料机单机的回转中心,F点为堆取料机单机的头部D点与堆场轨道起始线AB的垂足,E为堆取料机单机的尾部C点与堆场轨道起始线AB的垂足,R为地球的平均半径。

[0028] 优选地,在所述步骤S2中,基于所述经纬度坐标信息计算各堆取料机单机之间的目标距离的过程包括:

[0029] C1、计算一台堆取料机单机回转中心与对应轨道起始点距离GH与另一台堆取料机单机回转中心与对应轨道起始点距离GH的差值作为两台堆取料机单机之间的第一目标距离a;

[0030] C2、计算一台堆取料机单机头部、尾部和附加特征点与另一台堆取料机单机头部、尾部和附加特征点之间的最小距离作为第二目标距离p。

[0031] 进一步地,所述步骤C2中,通过下式计算堆取料机单机A的第i个特征点 (x_{1i}, y_{1i}) 与堆取料机单机B的第j个特征点 (x_{2j}, y_{2j}) 之间的距离p:

$$[0032] \quad p = \min_{\substack{1 \leq i \leq n \\ 1 \leq j \leq n}} \sqrt{\left(\frac{\pi(x_{2j} - x_{1i})R \cos \frac{(y_{1i} + y_{2j})\pi}{360}}{180} \right)^2 + \left(\frac{\pi(y_{2j} - y_{1i})R}{180} \right)^2}$$

[0033] 式中, $i, j, n \in N$ 。

[0034] 优选地,所述步骤S3中,根据各堆取料机单机之间的防碰撞目标距离控制对应的堆取料机单机进行无碰撞作业,包括:

[0035] 步骤D1、将不同堆取料机单机间的所述第一目标距离a与设定的第一初级阈值和第一高级阈值进行比较,根据比较结果控制对应的堆取料机单机进行无碰撞作业;

[0036] 步骤D2、将不同堆取料机单机间的所述第二目标距离p与设定的第二初级阈值和第二高级阈值进行比较,根据比较结果控制对应的堆取料机单机进行无碰撞作业。

[0037] 基于上述实施例,本发明还提供一种基于GPS定位的堆取料机防碰撞系统,该系统执行上述实施例中方法的步骤。

[0038] 与最接近的现有技术相比,本发明还具有如下有益效果:

[0039] 本发明提供的一种基于GPS定位的堆取料机防碰撞方法,通过先利用GPS定位技术确定堆场和堆取料机单机的经纬度坐标信息,并对各堆取料机单机的大臂和配重进行轮廓建模,依据设定的规则选取各堆取料机单机的防碰撞特征点,然后利用各个防碰撞特征点的经纬度坐标计算各堆取料机单机之间的防碰撞目标距离,进而根据计算得到的防碰撞目标距离控制对应的堆取料机单机进行无碰撞作业。采用本发明的技术方案,根据GPS移动接收站获取的堆场和单机的经纬度坐标信息对单机进行建模,进而对防碰撞特征点的经纬度坐标进行计算,克服了现有技术中由于工作人员操作、雨雪天气或夜间作业导致的精确度过低的问题;利用底盘中心的位置信息和经纬度坐标计算堆取料机单机的防碰撞目标距离,作为控制单机无碰撞作业的依据,解决了现有技术中计算过程繁琐,数据冗余量大的问题,在有效实现单机间无碰撞作业的前提下,相当程度上提升了防碰撞计算的效率和精确

性,促进了无人化堆取料技术的发展。

附图说明

[0040] 附图用来提供对本发明的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与本发明的实施例共同用于解释本发明,并不构成对本发明的限制。在附图中:

[0041] 图1是本发明一个实施例中基于GPS定位的堆取料机防碰撞方法的流程示意图;

[0042] 图2是本发明实施例中基于GPS定位的堆取料机防碰撞方法的数据控制流程图;

[0043] 图3是本发明实施例中基于GPS定位的堆取料机防碰撞方法的堆取料机单机建模视图;

[0044] 图4是本发明实施例中根据防碰撞目标距离对堆取料机单机进行控制的流程明细图;

[0045] 图5是本发明另一实施例中基于GPS定位的堆取料机防碰撞系统的结构示意图。

具体实施方式

[0046] 以下将结合附图及实施例来详细说明本发明的实施方式,借此本发明的实施人员可以充分理解本发明如何应用技术手段来解决技术问题,并达成技术效果的实现过程并依据上述实现过程具体实施本发明。需要说明的是,只要不构成冲突,本发明中的各个实施例以及各实施例的各个特征可以相互结合,所形成的技术方案均在本发明的保护范围之内。

[0047] 在各大型物资转运基地,堆取料机都扮演着非常重要的角色,作为其中的执行器,无论是在翻堆流程(翻车机堆料流程),还是取装流程(取料机装船流程),都起着不可或缺的作用。堆场一般有多条轨道,每条轨道有若干台堆取料机,一般为2~3台,不可避免地会出现不同轨道的单机在同场同垛作业情况和同一条轨道上的相邻单机在相邻场垛同时作业的情况。此外,智能技术发展蒸蒸日上,港口堆场也逐渐向无人化堆取料作业发展,这就意味着在未来作业过程中,单机上就不再有司机,控制人员将会在中控室通过现场监控界面远程控制单机,针对这样的作业模式,采用准确高效的防碰撞方法非常重要。

[0048] 目前在港口和钢厂中的堆取料机使用的传统防碰撞方法有以下两种:

[0049] 一是实时获取所有堆取料机单机编码器的位置数据,在中控模块PLC(Programmable Logic Controller)中对各个单机编码器的位置数据进行计算和比较,当同一条轨道上的两台单机位置数据的差值小于一定阈值时,单机禁止动作。但是这种方法存在下述问题:相邻轨道的单机防碰撞主要依靠的是单机司机和现场巡视的配合,这种防碰撞策略在雨雪天气,轮子易打滑,造成编码器数据不准,且夜间作业存在视线或人员疲惫问题,都会严重影响堆取料机防碰撞操作的效果和精度。

[0050] 二是在堆取料机单机的底盘中心部位和大臂外端安装GPS移动站,利用GPS数据实时计算获取堆取料机单机底盘中心的行走、回转和俯仰信息,大臂之间的防碰撞主要依据的是根据大臂外端的定位数据和单机底盘中心的定位数据计算的距离。采用这种方法能够一定程度上达到防碰撞的效果,但是该方法计算步骤繁琐,算法运算量大,且防碰撞算法在PLC中编辑执行,占用大量中控PLC的CPU内存,易导致CPU卡顿和死机的现象,且计算结果精确度过低,作业过程中防碰撞效果不好,此外,这种防碰撞方法针对大臂、配重、底盘不能达到好的防碰撞效果。

[0051] 为解决上述现有技术中存在的问题,本发明提供一种基于GPS定位的堆取料机防碰撞方法及系统,该方法首先对堆场轨道进行标定,确定坐标系原点和各轨道视图信息,本发明通过Visual C++开发的GPS防碰撞程序从设置的GPS接收机读取经纬度坐标信息。同时在GPS防碰撞程序中设计单机轮廓建模算法,通过对单机大臂和配重进行轮廓建模得到单机的基本轮廓和设定特征点的位置信息,并进行计算获取防碰撞数据信息,输出防碰撞数据信息到堆取料机控制系统的关系型数据库;堆取料机控制系统的上位机通过通信协议读取关系型数据库中的防碰撞数据信息,并将防碰撞数据信息写入下位机PLC中,由下位机PLC执行单机防碰撞控制命令,实现堆取料机的空间防碰撞。本发明的技术手段能够有效解决港口堆场同一条轨道和相邻轨道堆取料机前后、左右碰撞的问题,能够在相当程度上降低传统作业模式下堆取料司机在视线盲区和极度疲惫的情况下发生碰撞的风险,是令无人化堆取料技术快速发展的重要助力技术。下面参考附图对本发明实施例的技术方案进行说明。

[0052] 实施例一

[0053] 图1示出了本发明实施例一提供的基于GPS定位的堆取料机防碰撞方法的流程示意图,参照图1可知,该方法包括如下步骤。

[0054] 步骤S110、利用GPS定位技术获取堆场和各堆取料机单机的经纬度坐标信息,并分别对各堆取料机单机的大臂和配重进行轮廓建模。

[0055] 在该步骤中,利用GPS定位技术获取堆场和各堆取料机单机的经纬度坐标信息的过程包括:

[0056] 获取各堆场各轨道始发点的经纬度坐标。其中,堆场各轨道起始点根据堆场的实际布局确定,轨道起始点的经纬度坐标可以利用现有的定位技术手段预先或实时进行获取。在一个优选的例子中,用户在获取单机头部和尾部经纬度坐标之前利用手持GPS移动接收站获取各堆场各轨道始发点的经纬度坐标。

[0057] 设定堆取料机单机的大臂外端点为单机的头部,配重外端点为单机的尾部。获取堆取料机单机的位置经纬度坐标信息,并以此计算堆取料机单机的位置信息。进而对单机的大臂和配重进行轮廓建模。其中,在一个优选的示例中,本发明实施例利用安装在堆取料机单机头部和尾部的GPS移动接收站获取单机头部和尾部的经纬度坐标信息。

[0058] 具体的,上述步骤中首先要对堆场进行标定,确定坐标系原点,然后利用GPS手持接收站预先获取堆场各轨道起始点的经纬度坐标。在堆场固定位置设置基站,一般设在中控室顶部,在各堆取料机单机的大臂外端点和配重外端点设置GPS移动接收站,移动站和基站实时进行差分修正信息交互,获得准确的经纬度信息。具体由堆取料单机控制系统的GPS防碰撞程序读取GPS接收站板卡的经纬度信息并进行后续计算。

[0059] 图2示出了本发明实施例中基于GPS定位的堆取料机防碰撞方法数据控制流程图,如图2所示,本发明实施例的堆取料机控制系统软件架构通过Visual C++开发的GPS防碰撞程序,读取GPS接收站板卡的经纬度数据信息并基于读取的经纬度数据信息和单机的建模结果进行计算,获得单机对应的防碰撞数据信息,然后由GPS防碰撞程序将防碰撞数据信息输出至堆取料机控制系统的关系型数据库;通过上位机HMI (Human Machine Interface) 利用通信协议读取关系型数据库中的防碰撞数据信息,并将防碰撞数据信息写入下位机PLC中,进而由下位机PLC执行以此来给出报警信号和单机的前行、后退、左转、右转动作信号等

控制指令。

[0060] 在上述的数据控制过程中需要结合堆场轨道的经纬度信息和堆取料机单机的经纬度信息基于堆取料机单机进行建模。图3示出了本发明实施例中基于GPS定位的堆取料机防碰撞方法的堆取料机单机建模视图,如图3所示,其中AJ、GK和BL表示不同的三条轨道,其中。A点、G点和B点分别表示三条轨道的轨道起始点,其经纬度信息可以通过GPS手持移动站进行现场标定获得,设定A点、G点和B点的经纬度坐标分别为A(a₁₁,b₁₁)、G(a₁₂,b₁₂)、B(a₁₃,b₁₃)。图3中,基于堆取料机单机大臂的外端点和配重外端点的经纬度信息对单机的大臂和配重进行轮廓建模,进一步地,图中H点为堆取料机单机的底盘中心,其作为该堆取料机单机的回转中心,HD表示堆取料机单机的大臂,HC表示堆取料机单机的配重。要针对堆取料机单机大臂、配重及底盘进行防碰撞运算,需要计算与堆取料机单机大臂、配重和底盘相关的所有防碰撞特征点之间的距离,因此,本发明实施例接下来执行如下步骤:

[0061] 步骤S120、根据堆场和各堆取料机单机的经纬度坐标信息确定选取的各个防碰撞特征点的经纬度坐标信息,并基于各个防碰撞特征点的经纬度坐标信息结合建模结果计算各堆取料机单机之间的防碰撞目标距离。

[0062] 为了精确、高效地进行单机空间防碰撞作业,本发明实施例中除了堆取料机单机的头部和尾部还设置了若干附加防碰撞特征点,因此有如下操作:

[0063] 按照如下规则选取各堆取料机单机的防碰撞特征点:在各堆取料机单机的头部D与尾部C之间,按照设定间距插入n-2个附加特征点,选取单机的底盘中心H(即单机回转中心)作为单机的底盘特征点。本发明实施例将堆取料机单机的头部、尾部、附加特征点和底盘特征点作为堆取料机单机的防碰撞特征点。实际工况中,插入附加特征点的间距一般设为2米。

[0064] 本发明实施例除了将堆取料机单机的大臂外端点和配重外端点作为防碰撞特征点,还根据设定的间隔在大臂和配重上插入若干附加特征点,能够更加全面精确地针对不同单机的大臂和配重各部位实现防碰撞。同时,本发明实施例选取单机底盘中心作为单机底盘的防碰撞特征点,能够精确地针对单机的底盘、大臂和配重实现全面的防碰撞。且与现有技术相比,本发明的技术方案能够达到更好的防碰撞效果。

[0065] 具体的,根据堆取料机的机械结构模型,单机大臂和配重近似看成一条直线,在上述步骤S120中,确定各个防碰撞特征点的经纬度坐标信息的过程包括:

[0066] 步骤A1、根据获取的堆取料机单机头部和尾部的经纬度坐标计算各堆取料机单机的附加特征点的经纬度坐标。具体为:设定堆取料机单机头部D的经纬度坐标为(x_h,y_h),尾部C的经纬度坐标为(x_e,y_e),按照下式(1)计算以头部为起点第i个附加特征点的经纬度坐标(x_i,y_i)。

$$[0067] \quad x_i = \frac{x_e + \frac{i}{n-i}x_h}{\frac{i}{n-i} + 1} \quad y_i = \frac{y_e + \frac{i}{n-i}y_h}{\frac{i}{n-i} + 1} \quad (1)$$

[0068] 式中,1<i<n,且i取正整数。

[0069] 已知两个点的经纬度坐标分别为(a₁,b₁)和(a₂,b₂),计算两点之间经纬度距离的公式如下式(2):

$$[0070] \quad d = \sqrt{\left(\frac{\pi(a_2 - a_1)R \cos \frac{(b_1 + b_2)\pi}{360}}{180}\right)^2 + \left(\frac{\pi(b_2 - b_1)R}{180}\right)^2} \quad (2)$$

[0071] 其中R为地球的平均半径,本发明实施例中R取值为R=6371229,单位为米。因此有:

[0072] 步骤A2,根据堆取料机单机头部和尾部的经纬度坐标及对应的轨道起始点的经纬度坐标计算底盘特征点的位置信息。具体包括:

[0073] 设定堆取料机单机底盘的中心为其回转中心H。根据单机大臂头部在与轨道起始线平行线上部和下部的不同,单机行走位置GH的计算分为两种情况,按下式(3)计算两种情况下堆取料机单机回转中心与对应轨道起始点的距离GH,作为单机底盘特征点的位置信息:

$$[0074] \quad GH = \begin{cases} \frac{DF + \frac{DH}{CH} CE}{\frac{DH}{CH} + 1} & CE \geq DF \\ \frac{CE + \frac{CH}{DH} DF}{\frac{CH}{DH} + 1} & CE < DF \end{cases} \quad (3)$$

[0075] 其中,

$$[0076] \quad DF = \sqrt{BD^2 - \left(\frac{AB^2 - AD^2 + BD^2}{2AB}\right)^2} \quad (4)$$

$$[0077] \quad AB = \sqrt{\left(\frac{\pi(a_{13} - a_{11})R \cos \frac{(b_{11} + b_{13})\pi}{360}}{180}\right)^2 + \left(\frac{\pi(b_{13} - b_{11})R}{180}\right)^2} \quad (5)$$

$$[0078] \quad AD = \sqrt{\left(\frac{\pi(x_h - a_{11})R \cos \frac{(y_h + b_{11})\pi}{360}}{180}\right)^2 + \left(\frac{\pi(y_h - b_{11})R}{180}\right)^2} \quad (6)$$

$$[0079] \quad BD = \sqrt{\left(\frac{\pi(x_h - a_{13})R \cos \frac{(y_h + b_{13})\pi}{360}}{180}\right)^2 + \left(\frac{\pi(y_h - b_{13})R}{180}\right)^2} \quad (7)$$

$$[0080] \quad CE = \sqrt{AC^2 - \left(\frac{AB^2 - BC^2 + AC^2}{2AB}\right)^2} \quad (8)$$

$$[0081] \quad AC = \sqrt{\left(\frac{\pi(x_e - a_{11})R \cos \frac{(y_e + b_{11})\pi}{360}}{180}\right)^2 + \left(\frac{\pi(y_e - b_{11})R}{180}\right)^2} \quad (9)$$

$$[0082] \quad BC = \sqrt{\left(\frac{\pi(x_e - a_{13})R \cos \frac{(y_e + b_{13})\pi}{360}}{180}\right)^2 + \left(\frac{\pi(y_e - b_{13})R}{180}\right)^2} \quad (10)$$

[0083] 式中,点A、G和B为堆场的轨道起始点,XY为X点与Y点间的距离。具体的,AB为轨道起始点A与轨道起始点B之间的距离,F点为堆取料机单机的头部D点与堆场轨道起始线AB的垂足,E为堆取料机单机的尾部C点与堆场轨道起始线AB的垂足,AD为轨道起始点A与堆取料机单机头部D之间的距离,BD为轨道起始点B与堆取料机单机头部D之间的距离,AC为轨道起始点A与堆取料机单机尾部C之间的距离,BC为轨道起始点B与堆料机单机尾部C之间的距离,R为地球的平均半径,取值为6371229,单位为米;

[0084] 堆取料机的防碰主要针对的是底盘之间,大臂、配重之间,大臂和大臂之间以及配重和配重之间。因此,在上述步骤S120中,基于经纬度坐标信息计算各堆取料机单机之间的目标距离的过程包括:

[0085] 步骤C1、计算一台堆取料机单机回转中心与对应轨道起始点距离GH与另一台堆取料机单机回转中心与对应轨道起始点距离GH的差值作为两台堆取料机单机之间的第一目标距离a。该步骤根据上面公式(3)得出的单机回转中心与对应轨道起始点之间的距离,由于堆场的堆取料机单机的底盘是沿轨道进行直线运动的。因此,其底盘中心与对应轨道起始点的距离GH能够有效反映堆取料机单机的行走位置,计算两台单机行走位置差值a作为控制单机底盘防碰撞的第一目标距离。

[0086] 本发明实施例根据单机大臂和配重轮廓建模模型,实时计算两台单机大臂和配重之间所有特征点的最短距离,计算一台单机大臂和配重n个点到另一台单机大臂和配重n个点的距离,求出n×n个组合距离中的最短距离。即有如下步骤:步骤C2、计算一台各堆取料机单机头部、尾部和附加特征点与另一台堆取料机单机头部、尾部和附加特征点之间的距离作为第二目标距离p。

[0087] 其中,通过下式(11)计算堆取料机单机A的第i个特征点(x_{1i},y_{1i})与堆取料机单机B的第j个特征点(x_{2j},y_{2j})之间的距离p:

$$[0088] \quad p = \min_{\substack{1 \leq i \leq n \\ 1 \leq j \leq n}} \sqrt{\left(\frac{\pi(x_{2j} - x_{1i})R \cos \frac{(y_{1i} + y_{2j})\pi}{360}}{180}\right)^2 + \left(\frac{\pi(y_{2j} - y_{1i})R}{180}\right)^2} \quad (11)$$

[0089] 式中,i,j,n∈N。

[0090] 将计算获得的堆取料机单机的第一目标距离和第二目标距离作为控制堆取料机单机无碰撞作业的依据,设置对应的距离阈值,具体实现方法包括如下步骤:

[0091] 步骤S130、根据各堆取料机单机之间的防碰撞目标距离控制对应的堆取料机单机进行无碰撞作业。

[0092] 本发明实施例针对单机不同的目标距离分别设置有两级距离阈值。具体的,包括如下两种情况:

[0093] 步骤D1、将不同堆取料机单机间的第一目标距离a与设定的第一高级阈值和第一次级阈值进行比较,根据比较结果控制对应的堆取料机单机进行无碰撞作业;

[0094] 步骤D2、将不同堆取料机单机间的第二目标距离 p 与设定的第二高级阈值和第二次级阈值进行比较,根据比较结果控制对应的堆取料机单机进行无碰撞作业。

[0095] 根据第一目标距离控制堆取料机单机无碰撞作业的过程包括:通过判定单机的第一目标距离 a 是否小于第一高级阈值 b 或者第一次级阈值 c ,进而对单机进行控制。其中 $b < c$,若第一目标距离 a 小于 c ,则表明单机进入报警区域,两个单机报警,若小于 b ,则表明单机进入禁止区域,停止两个单机的相互靠近动作且报警继续存在。同样的,对于第二目标距离 p 设置有对应的第二高级阈值 f 和第二次级阈值 g , $f < g$ 。具体为:若单机的第二目标距离 p 满足 $f < p < g$ 时,表明单机进入报警区域,两个单机报警;当 $p < f$ 时,表明单机进入禁止区域,停止两个单机的相互靠近动作且报警继续存在。因此有如下步骤:

[0096] 根据各堆取料机单机之间的防碰撞目标距离控制对应的堆取料机单机进行无碰撞作业,包括以下操作。

[0097] 图4示出了本发明实施例根据目标距离对堆取料机单机进行控制的流程明细图。如如图4所示,以单机SR 1和单机SR 2为例,其控制过程中包括以下步骤:

[0098] 将堆取料机单机SR 1和单机SR 2之间的第一目标距离 a 与设定的第一高级阈值 b 和第一次级阈值 c 进行比较,其中 $b < c$ 。

[0099] 若 $b < a < c$,对应的双方堆取料机单机的控制系统均发出报警信号;其报警内容可以为:二级报警,两单机距离过近。

[0100] 若 $a < b$,对应的双方堆取料机单机均停止运行,且保持报警;此时,单机SR1前行禁止,单机SR2后退禁止,单机SR1左转和右转禁止,单机SR2左转和右转禁止,两台单机的碰撞标志位 $pz_flag = 1$ 。

[0101] 将堆取料机单机SR 1和单机SR 2之间的第二目标距离 p 与设定的第二高级阈值 f 和第二次级阈值 g 进行比较,其中 $f < g$ 。

[0102] 若 $f < p < g$,对应的双方堆取料机单机的控制系统均发出报警信号。其报警内容可以为:二级报警,两单机距离过近。

[0103] 若 $p < f$,对应的双方堆取料机单机均停止运行,且保持报警。此时,单机SR1前行禁止,单机SR2后退禁止,单机SR1左转和右转禁止,单机SR2左转和右转禁止,两台单机的碰撞标志位 $pz_flag = 1$ 。

[0104] 当出现上述情况时,由堆取料机单机控制系统根据单机当前的经纬度坐标信息和回转角度信息控制单机,直至单机满足下述情况时,恢复正常动作。

[0105] 当 $p > g$ 且 $a > c$ 时,两台单机的报警信号和禁止信号归零,两台单机的碰撞标志位 $pz_flag = 0$ 。

[0106] 当 $f < p < g$ 且 $a > b$ 时,报警信号不变,禁止信号归零,两台单机的碰撞标志位 $pz_flag = 0$ 。

[0107] 当 $p > f$ 且 $b < a < c$ 时,报警信号不变,禁止信号归零,两台单机的碰撞标志位 $pz_flag = 0$ 。其中,根据AD、BD和BC距离的不同,堆取料机单机的回转角度 θ 可以分为四种情况。以 \overrightarrow{HG} 方向为 0° ,顺时针为 0° 到 180° ,逆时针为 0° 到 -180° 。其中,反余弦函数返回值是弧度制。按照下式(12)计算单机的回转角度 θ :

$$[0108] \quad \theta = \begin{cases} \frac{180\cos^{-1}\frac{GH-DF}{DH}}{\pi} & AD > BD \\ -\frac{180\cos^{-1}\frac{GH-DF}{DH}}{\pi} & AD < BD \\ 0^\circ & AD = BD \text{ 且 } BD < BC \\ 180^\circ & AD = BD \text{ 且 } BD > BC \end{cases} \quad (12)。$$

[0109] 本发明实施例在根据单机防碰撞目标距离控制单机进行无碰撞作业的过程中,不仅以单机的经纬度坐标信息为依据,还计算单机的回转角度,堆取料机作业过程中单机的经纬度坐标信息和回转角度信息能够展示在上位机的控制端界面,这样控制人员能够更直观、清楚地确定单机的当前工作状态,进而发布精确、高效的控制指令。

[0110] 基于上述实施例,本发明实施例还提供一种基于GPS定位的堆取料机防碰撞系统。图5示出了本发明实施例提供的基于GPS定位的堆取料机防碰撞系统的结构示意图,该系统中的各个模块,分别执行实施例一中方法的相应步骤。

[0111] 如图5所示,本发明实施例的堆取料机防碰撞系统主要包括:定位建模模块501、防碰撞目标距离确定模块503和防碰撞执行模块505。上述各模块执行上述实施例一的方法步骤,即分别执行实施例一中的步骤S110、S120和S130。

[0112] 具体的:定位建模模块501,其用于利用GPS定位技术获取堆场和各堆取料机单机的经纬度坐标信息,并对各堆取料机单机的大臂和配重进行轮廓建模。

[0113] 防碰撞目标距离确定模块503,其用于根据堆场和各堆取料机单机的经纬度坐标信息确定选取的各个防碰撞特征点的经纬度坐标信息,并基于各个防碰撞特征点的经纬度坐标信息结合建模结果计算各堆取料机单机之间的防碰撞目标距离。

[0114] 防碰撞执行模块507,其用于根据各堆取料机单机之间的防碰撞目标距离控制对应的堆取料机单机进行无碰撞作业。

[0115] 本发明实施例提供的基于GPS定位的堆取料机防碰撞系统中,各个模块或单元结构可以根据试验需求独立运行或组合运行,以实现相应的技术效果。

[0116] 应该理解的是,本发明所公开的实施例不限于这里所公开的特定结构、处理步骤或材料,而应当延伸到相关领域的普通技术人员所理解的这些特征的等同替代。还应当理解的是,在此使用的术语仅用于描述特定实施例的目的,而不意味着限制。

[0117] 说明书中提到的“一实施例”意指结合实施例描述的特定特征、结构或特征包括在本发明的至少一个实施例中。因此,说明书通篇各个地方出现的短语“一实施例”并不一定均指同一个实施例。

[0118] 虽然本发明所揭露的实施方式如上,但所述的内容只是为了便于理解本发明而采用的实施方式,并非用以限定本发明。任何本发明所属技术领域内的技术人员,在不脱离本发明所揭露的精神和范围的前提下,可以在实施的形式上及细节上作任何的修改与变化,但本发明的专利保护范围,仍须以所附的权利要求书所界定的范围为准。

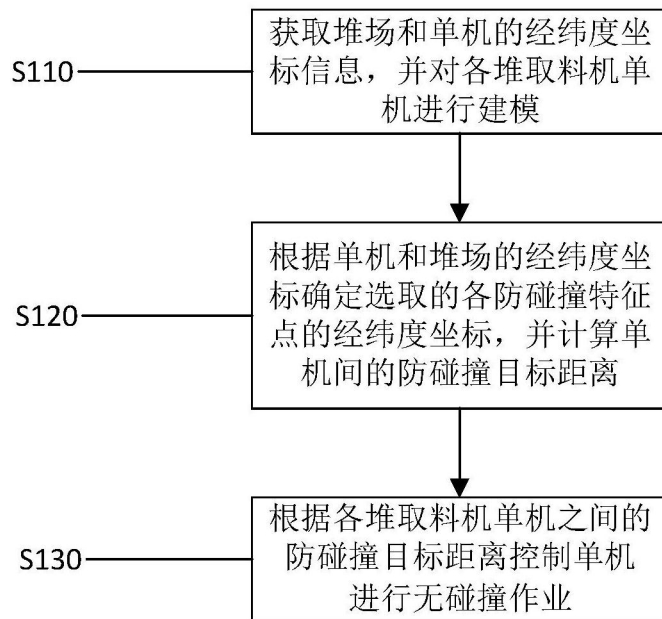


图1

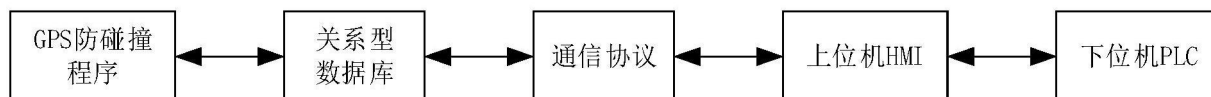


图2

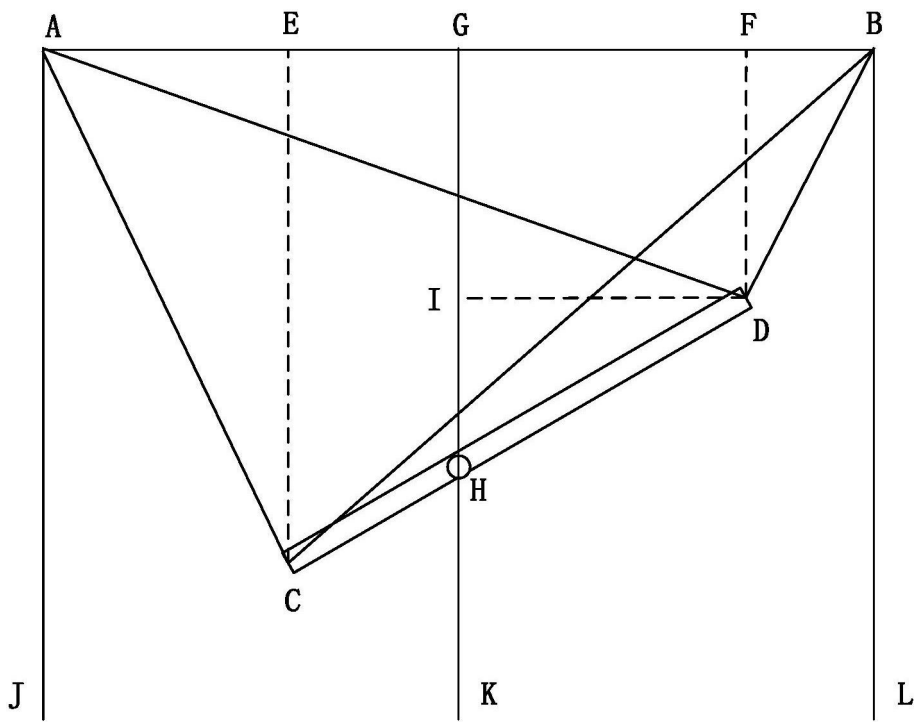


图3

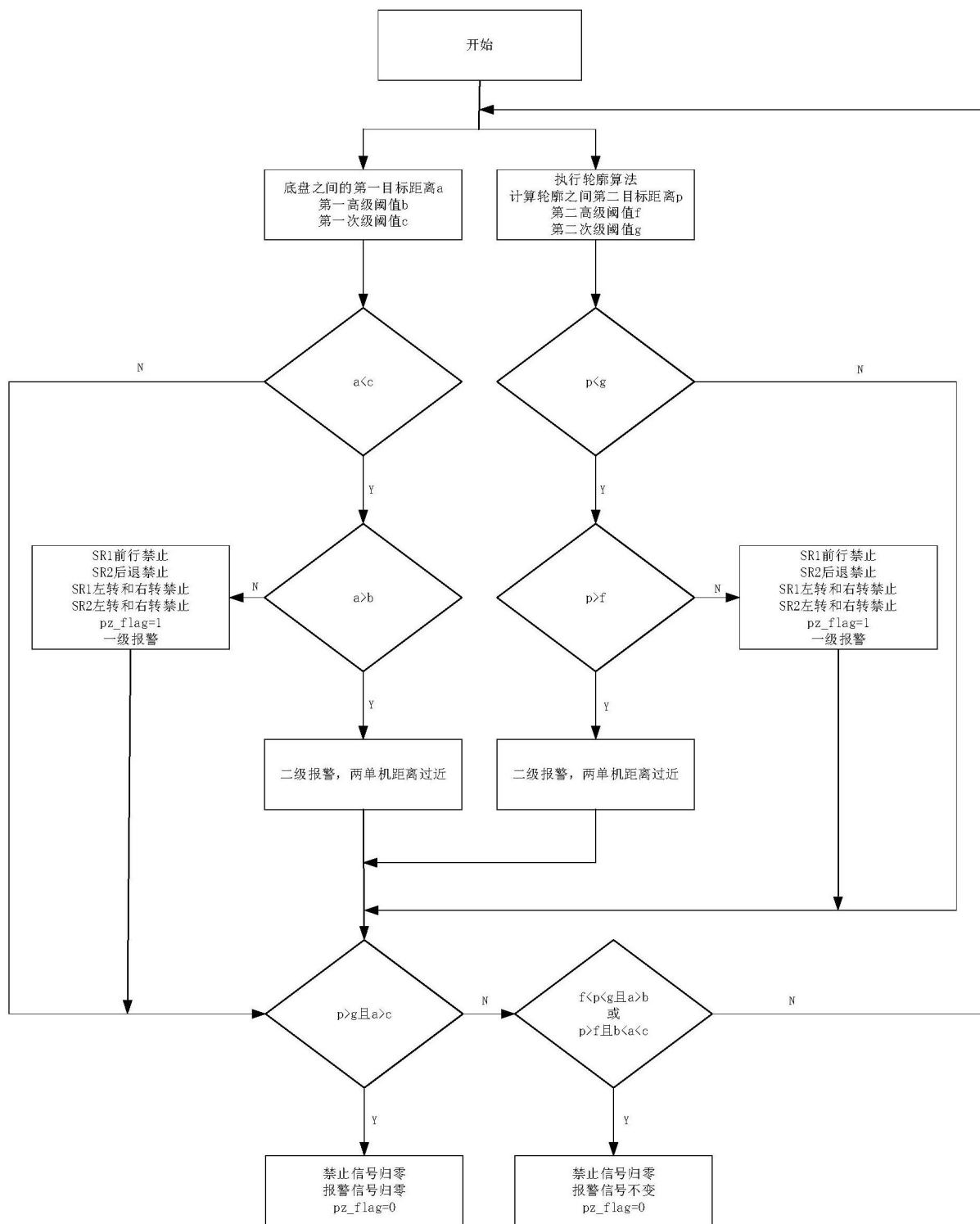


图4

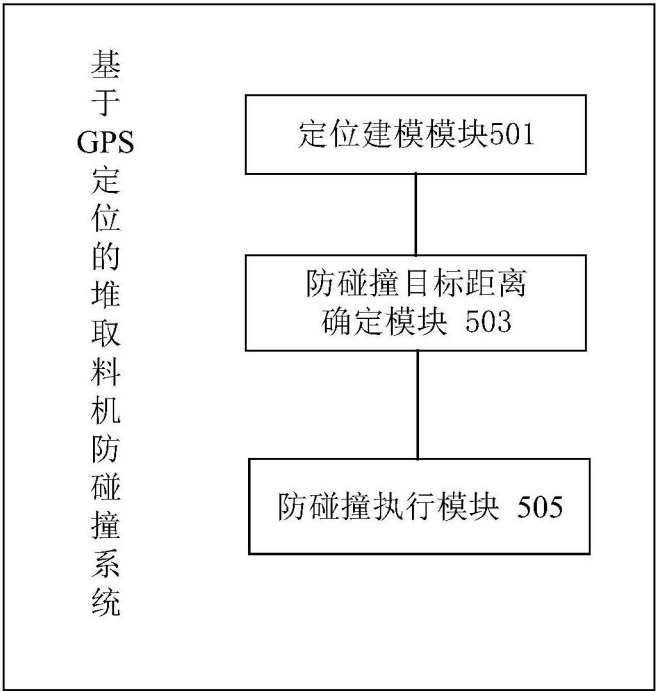


图5