



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117873099 A

(43) 申请公布日 2024.04.12

(21) 申请号 202410059352.8

G05D 1/247 (2024.01)

(22) 申请日 2024.01.15

G05D 1/648 (2024.01)

G05D 105/20 (2024.01)

(71) 申请人 北京达美盛软件股份有限公司

地址 100085 北京市海淀区上地东路1号院
3号楼八层812室

(72) 发明人 张尧 姜海涛 吕向阳 孟艳斌
王莉莉 李长平 王萌萌

(74) 专利代理机构 北京之于行知识产权代理有
限公司 11767

专利代理师 侯越玲

(51) Int. Cl.

G05D 1/43 (2024.01)

G05D 1/242 (2024.01)

G05D 1/246 (2024.01)

G05D 1/633 (2024.01)

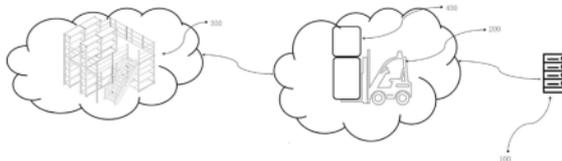
权利要求书2页 说明书13页 附图5页

(54) 发明名称

一种货物搬运路线规划系统及方法

(57) 摘要

本发明涉及一种货物搬运路线规划系统及方法,方法包括:基于障碍物信息构建若干边界框;基于无人叉车的模型数据以及尺寸数据构建包围盒;基于边界框和包围盒在搬运路线上进行预碰撞以确定是否存在运输风险。在存在运输风险的情况下,将边界框与包围盒进行碰撞检查以规划无人叉车的搬运路线和/或所运载货物的位姿。本发明通过无人叉车在运载货物后整体尺寸的变化与运输的虚拟场景中的若干障碍物进行简单的预碰撞,从而以少量的计算量判断出无人叉车运载货物后是否在预设路径上与障碍物发生碰撞。本发明还通过对存在运输风险的区段进行高精度的碰撞检查,以调整无人叉车运载货物的位置或无人叉车搬运路线的方式,避开该存在运输风险的区段。



1. 一种货物搬运路线规划方法,其特征在于,所述方法包括:
基于障碍物信息构建在无人叉车(200)运输的虚拟场景中的若干边界框(301);
基于所述无人叉车(200)的模型数据以及所运输的货物(400)的尺寸数据构建至少一个包围盒(201);
基于若干所述边界框(301)和至少一个所述包围盒(201)在至少一条搬运路线(500)上进行预碰撞以确定是否存在运输风险,在存在运输风险的情况下,将所述边界框(301)与所述包围盒(201)进行碰撞检查以获取三维碰撞数据;
基于所述三维碰撞数据规划所述无人叉车(200)所运载的所述货物(400)的位姿和/或所述无人叉车(200)的所述搬运路线(500)。
2. 根据权利要求1所述的货物搬运路线规划方法,其特征在于,构建若干所述边界框(301)的方法包括:
基于已完成数字孪生的货运仓库的所述障碍物信息建立虚拟场景下的全局坐标系;
基于所述障碍物信息中障碍物(300)的最长边来建立在所述全局坐标系中的与所述障碍物(300)对应的几何体,并且将所述几何体作为所述边界框(301)。
3. 根据权利要求1或2所述的货物搬运路线规划方法,其特征在于,构建所述包围盒(201)的方法包括:
基于所述无人叉车(200)的模型数据建立用于表征所述无人叉车(200)车身尺寸的虚拟模型;
在所述无人叉车(200)运载有所述货物(400)的情况下,基于所述虚拟模型以及所述货物(400)的所述位姿和所述尺寸数据构建包含所述无人叉车(200)和所述货物(400)的至少一个包围盒(201);其中,
在所述货物(400)的位姿发生改变的情况下,基于改变后的所述货物(400)的位姿来更新或重建所述包围盒(201)。
4. 根据权利要求1~3任一项所述的货物搬运路线规划方法,其特征在于,所述方法还包括:
将所述包围盒(201)以沿预设搬运路线(500)移动的方式建立能够表征所述无人叉车(200)运动轨迹的虚拟通道;
基于若干所述边界框(301)的三维切面来切割所述虚拟通道,以形成若干待测包围盒。
5. 根据权利要求1~4任一项所述的货物搬运路线规划方法,其特征在于,所述预碰撞的方法包括:
判断所述待测包围盒与对应所述边界框(301)的碰撞关系以筛选出存在所述碰撞关系的若干所述待测包围盒和若干所述边界框(301)。
6. 根据权利要求1~5任一项所述的货物搬运路线规划方法,其特征在于,所述方法还包括:
在所述待测包围盒与所述边界框(301)存在所述碰撞关系的情况下,将不规则的所述边界框(301)以分段和/或拆分的方式划分为若干边界框子模块(302),以通过若干所述边界框子模块(302)与所述待测包围盒进行预碰撞的方式筛选出可能存在所述碰撞关系的所述边界框子模块(302)。
7. 根据权利要求1~6任一项所述的货物搬运路线规划方法,其特征在于,获取所述三

维碰撞数据的方法包括：

在筛选出若干所述边界框(301)和若干所述边界框子模块(302)的情况下,将若干所述边界框(301)和若干所述边界框子模块(302)划分为若干边界元以与所述包围盒(201)进行至少一次碰撞检查的方式获取所述三维碰撞数据。

8.根据权利要求1~7任一项所述的货物搬运路线规划方法,其特征在于,所述方法还包括：

基于所述三维碰撞数据控制所述无人叉车(200)以平移或旋转的方式改变所述货物(400)的位姿,以使得所述包围盒(201)与所述边界框(301)不发生碰撞；

在改变所述货物(400)的位姿后,所述包围盒(201)与所述边界框(301)仍存在所述碰撞关系的情况下,基于不存在碰撞关系的若干所述边界框(301)组合规划出所述无人叉车(200)能够安全通过的搬运路线(500)。

9.一种货物搬运路线规划系统,包括以抱夹旋转货物的方式运载货物(400)的无人叉车(200)和设置于货运仓库的调度室的处理单元(100),其特征在于,所述处理单元(100)被配置为：

基于障碍物信息构建在所述无人叉车(200)运输的虚拟场景中的若干边界框(301)；

基于所述无人叉车(200)的模型数据以及所运输的货物(400)的尺寸数据构建至少一个包围盒(201)；

基于若干所述边界框(301)和至少一个所述包围盒(201)在至少一条搬运路线(500)上进行预碰撞以确定是否存在运输风险,在存在运输风险的情况下,将所述边界框(301)与所述包围盒(201)进行碰撞检查以获取三维碰撞数据；

基于所述三维碰撞数据规划所述无人叉车(200)所运载的所述货物(400)的位姿和/或所述无人叉车(200)的所述搬运路线(500)。

10.根据权利要求9所述的货物搬运路线规划系统,其特征在于,所述处理单元(100)还被配置为：

基于所述三维碰撞数据控制所述无人叉车(200)以平移或旋转的方式改变所述货物(400)的位姿,以使得所述包围盒(201)与所述边界框(301)不发生碰撞；

在改变所述货物(400)的位姿后,所述包围盒(201)与所述边界框(301)仍存在碰撞关系的情况下,基于不存在碰撞关系的若干所述边界框(301)组合规划出所述无人叉车(200)能够安全通过的搬运路线(500)。

一种货物搬运路线规划系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及智能叉车技术领域,尤其涉及一种货物搬运路线规划系统及方法。

背景技术

[0002] 叉车是工业搬运车辆,是指对货物进行装卸、堆垛和短距离运输作业的搬运车辆。叉车技术日新月异,尤其是叉车的智能化。无人驾驶的叉车在车间或高危环境中进行行车、叉货过程中,一些货物的摆放位置不够精准并且货物的尺寸不一,导致无人叉车在经过某一限高或其他限制的通道或障碍物时,货物的尺寸使其不能通过该通道或障碍物。现有技术集中于无人叉车的避障路线的规划,通过无人叉车的智能调度以及路径优化,在满足货物运输的情况下,最小化无人叉车的行驶距离、时间、能耗等指标。但是现有技术缺乏针对货物尺寸的无人叉车搬运路线的规划。尤其是缺乏针对不同货物尺寸以及位姿判断货物与障碍物的碰撞关系以进行搬运路线和货物位姿的调整。简单的测距传感器不能获取货物的相关特征以进行碰撞检查。

[0003] 公开号为CN110872080A的专利申请公开了一种基于无人叉车的路线规划系统,包括无人叉车和用于监测无人叉车的监控端。无人叉车还包括运动模块和监测模块;运动模块还包括用于启停叉车的启停装置、用于对叉车行驶路径上运动物进行捕捉的运动物获取捕捉模块以及用于对路径导航的自主导航。该专利的无人叉车能够优化运行路线,在运货的路径上根据路径上的运动物情况实时捕捉运动的图像,以避免出现碰撞的情况。差分导航装置能够适时调整路径,以保证叉车工作中的安全。四位摄像头分别对叉车周围进行检测,图像反馈给主控装置后,对捕获的图像进行分析。分析后能够控制车速,以保证整个线路的安全。该无人叉车还具有路线规划的功能。但是该专利的缺陷在于,若该无人叉车所运载的货物尺寸长度超过无人叉车的宽度,则该专利的四位雷达不能获取该货物最长端与障碍物的距离,导致该专利在规划路线时,忽略了运载货物可能带来的无人叉车所占体积的增加。货物可能与障碍物之间发生碰撞,导致无人叉车不能通过该路线进行货物运输,甚至导致货物倾倒或损坏。

[0004] CN112978619A公开了一种带有自动导引装置的货物运输避震叉车,包括叉车车体、自动导引装置、装卸叉、装卸叉间距调节装置、叉车提升架和麦克纳姆轮组,自动导引装置设置在叉车车体上。叉车车体能够按照设定的路线行驶,路线不发生偏移,准确性高。叉车车体的底部设有麦克纳姆轮组,可减轻在货物运输过程中产生的震动,避免货物在运输过程中因为震动发生移位,甚至发生颠落的情况,保持货物运输安全;同时叉车车体上两个装卸叉之间的宽度可调节,可根据实际要装卸的货物进行调节,满足不同类型货物的装卸需求。该专利考虑到不同类型货物的装卸需求,但是同样未考虑不同类型货物带来的尺寸不同的问题。若货物为较长的长条形,则在运输过程中可能由于货物与障碍物之间的碰撞发生货物移位以及颠落,降低了无人叉车货物运输的效率。

[0005] 此外,一方面由于对本领域技术人员的理解存在差异;另一方面由于申请人做出本发明时研究了大量文献和专利,但篇幅所限并未详细罗列所有的细节与内容,然而这绝

非本发明不具备这些现有技术的特征,相反本发明已经具备现有技术的所有特征,而且申请人保留在背景技术中增加相关现有技术之权利。

发明内容

[0006] 现有技术利用传感器获取货运仓库的环境数据以在无人叉车的行驶过程中,避开障碍物而顺利到达目标点。但是现有技术未考虑无人叉车在运载货物的情况下,货物尺寸不一或位姿摆放的不正确可能引起的与障碍物之间的碰撞。传统的测距传感器仅能获取无人叉车与障碍物的距离,若货物为长条形,则在测距传感器判断远离障碍物的情况下,货物可能与障碍物发生碰撞。尤其是无人叉车在进入限高或弯折的通道中,如何基于货物尺寸以及摆放位姿的不同规划适合的无人叉车搬运路线是现有技术急需解决的技术问题。

[0007] 为了实现货物搬运过程中的可通行性判断,现有技术已经出现了基于三维通道模型对货物运输的通过性进行模拟运输评估的技术方案。例如,公开号为CN114387407A的专利文献公开了一种基于三维通道模型的大件货物运输通过性评估方法,首先确定运输路线,创建大件运输车辆模型、大件货物模型、特殊道路场景模型和障碍物模型,并将各个模型渲染到地图上,其次生成三维通道模型,获取大件运输车辆模型和大件货物模型在三维通道模型中的位置关系,判断运输过程中是否与三维通道模型和障碍物模型发生接触碰撞。该技术方案利用三维建模和仿真技术,在软件中模拟实际运输的过程,通过数据匹配和算法分析,判断运输车辆的可通行性和安全性。然而,该技术方案将视角固定在大件运输车辆模型上,模拟大件运输车辆模型按照计划的运输路线运动,获取大件运输车辆模型和大件货物模型在三维通道模型中的位置关系,该技术方案默认大件货物具有确定的占据空间,并且该占据空间不会发生变化,因此,此时的碰撞分析无法兼顾货物的尺寸变化对运输过程中的碰撞影响。该技术方案适用于大型道路通行过程中的碰撞分析,无法在例如货物储存仓库等具有多种货物运输尺寸需要的场合实现准确的碰撞分析。

[0008] 针对现有技术之不足,根据本发明的一个方面,公开了一种货物搬运路线规划方法,方法包括:基于障碍物信息构建在无人叉车运输的虚拟场景中的若干边界框;基于无人叉车的模型数据以及所运输的货物的尺寸数据构建至少一个包围盒;基于若干边界框和至少一个包围盒在至少一条搬运路线上进行预碰撞以确定是否存在运输风险,在存在运输风险的情况下,将边界框与包围盒进行碰撞检查以获取三维碰撞数据;基于三维碰撞数据规划无人叉车所运载的货物的位姿和/或无人叉车的搬运路线。与上述现有技术相比,本发明的物搬运路线规划方法能够根据碰撞分析的结果对无人叉车所运载的货物的位姿和/或无人叉车的搬运路线进行调整。基于上述区别技术特征,本发明要解决的问题可以包括:如何根据搬运货物的不同调整相应的搬运策略,并减少碰撞分析的数据处理量。具体地,本发明通过无人叉车在运载货物后整体尺寸的变化与运输的虚拟场景中的若干障碍物进行简单的预碰撞,从而以少量的计算量判断出无人叉车运载货物后是否在预设路径上与障碍物发生碰撞,筛选出不会发生碰撞的区段。本发明还通过对存在运输风险的区段进行高精度的碰撞检查,获取发生碰撞的三维碰撞数据,以调整无人叉车运载货物的位置或无人叉车搬运路线的方式,避开该存在运输风险的区段。由此,不仅减少了预设路径碰撞预测的前期计算量,还能够规划出无人叉车的安全搬运路线。

[0009] 为了保证货物在运输过程中的顺畅性和安全性,现有技术已经出现了通过对货物

位置进行调整以实现货物在物流周转大的场所中的有序运输的技术方案。例如,公开号为CN115818192A的专利文献公开了一种可校准货物位置的运输设备,该运输设备包括用于带动货物从上料位置传输至下料位置的传输装置,用于将站立姿态的货物调整为平躺姿态的货物的调位装置,以及用于调整货物位置,以使其能够以相同姿态在传输装置上移动的校准装置;当传输装置的传输路径为直线时,校准装置配设为两组,并分别设有传输装置的上游端和下游端;当传输路径包括至少一个转弯处时,校准装置配设为多组,且在转弯处的上游端和下游端,分别设有校准装置。该技术方案利用基于调位装置的设置,可以使货物从站立状态调整为平躺状态,由此降低货物的重心,能够以完好的状态被运输至目的地,该过程中的运输路线是固定的,无法根据货物安装状态进行调整。也即是说,该技术方案对于货物姿态的调整仅限于对其安装状态的调整,该过程调整的主要控制要素为货物的初始安装状态,对于运输过程中可能因货物外形尺寸造成的碰撞过程,该技术方案并不涉及,并且在预测搬运过程将会出现碰撞的情况下,无法将无人叉车上的货物安装的位姿和/或无人叉车的搬运路线进行调整。

[0010] 根据一种优选的实施方式,构建若干边界框的方法包括:基于已完成数字孪生的货运仓库的障碍物信息建立虚拟场景下的全局坐标系;基于障碍物信息中障碍物的最长边来建立在全局坐标系中的与障碍物对应的几何体,并且将几何体作为边界框。与上述现有技术相比,本发明能够在全局坐标系中建立无人叉车的碰撞分析区域。基于上述区别技术特征,本发明要解决的问题可以包括:如何降低无人叉车运输过程中的碰撞分析的数据处理量。具体地,由于货运仓库所存放的具体货物的不同,用于放置各种货物的货架所占据的空间区域大小或限定范围也是不同的,同时,不同货架上设置的不同的进出通道等结构也直接影响到其具体的外形结构,要实现不同货物在不同货架之间的搬运过程,需要根据不同的货架结构形态与货物种类分别执行碰撞分析过程,进而导致初始的碰撞分析数据处理量较大。相反地,在本发明中,所构建的边界框并非是完全与障碍物贴合或符合的包围盒,而是能够近似表征障碍物所覆盖范围的规则几何体。由此,避免了现有技术所建立的包围盒需要精确计算障碍物的每一处变化以及形态的问题,简化了后续碰撞检查的计算量,并且同时不会遗漏货运仓库中的若干障碍物。

[0011] 根据一种优选的实施方式,构建包围盒的方法包括:基于无人叉车的模型数据建立用于表征无人叉车车身尺寸的虚拟模型;在无人叉车运载有货物的情况下,基于虚拟模型以及货物的位姿和尺寸数据构建包含无人叉车和货物的至少一个包围盒。优选地,在货物的位姿发生改变的情况下,基于改变后的货物的位姿来更新或重建包围盒。在货物位姿发生改变的情况下,处理单元基于改变后的货物位姿更新或重建包围盒。该包围盒是指包含该无人叉车和货物的最小立方体。由此,本发明能够通过包围盒和边界框的碰撞检查实现无人叉车的搬运路线的规划。

[0012] 根据一种优选的实施方式,方法还包括:将包围盒以沿预设搬运路线移动的方式建立能够表征无人叉车运动轨迹的虚拟通道;基于若干边界框的三维切面来切割虚拟通道,以形成若干待测包围盒。虚拟通道的形状是弯曲复杂的,若对该虚拟通道进行全局的碰撞检查不仅增大了处理单元的计算量,大多数的碰撞计算也是无意义的。因此,本发明基于边界框,在存在边界框的区域筛选出与无人叉车对应的待测包围盒来进行碰撞检查,提高数据计算的效率。

[0013] 根据一种优选的实施方式,预碰撞的方法包括:判断待测包围盒与对应边界框的碰撞关系以筛选出存在碰撞关系的若干待测包围盒和若干边界框。处理单元通过全局坐标系中的空间判断确定待测包围盒与边界框是否存在碰撞关系,进而筛选出可能存在碰撞关系的若干待测包围盒和若干边界框。本发明通过较大范围边界框的预碰撞,从而筛选出可能与无人叉车碰撞的障碍物,进而再进行高精度的边界框的划分以进行碰撞检查。

[0014] 根据一种优选的实施方式,方法还包括:在待测包围盒与边界框存在碰撞关系的情况下,将不规则的边界框以分段和/或拆分的方式划分为若干边界框子模块,以通过若干边界框子模块与待测包围盒进行预碰撞的方式筛选出可能存在碰撞关系的边界框子模块。与上述现有技术相比,本发明能够将待测包围盒与边界框存在碰撞关系的部分进行区域划分。基于上述区别技术特征,本发明要解决的问题可以包括:如何对存在碰撞风险的部分边界框进行筛选以提高碰撞分析的准确性。具体地,由于根据障碍物的最长边构建的边界框所覆盖的空间超过了障碍物的实际体积,导致碰撞关系判断时的准度过低。因此,本发明在筛选出部分边界框后,再通过将边界框划分为多个边界框子模块的方式进行二次筛选,从而在减小三维碰撞数据计算量的基础上,增加碰撞关系判断的准确性。

[0015] 根据一种优选的实施方式,获取三维碰撞数据的方法包括:在筛选出若干边界框和若干边界框子模块的情况下,将若干边界框和若干边界框子模块划分为若干边界元以与包围盒进行至少一次碰撞检查的方式获取三维碰撞数据。本发明将每个边界元与包围盒进行逐点式碰撞检查以获取若干边界框和若干边界框子模块与包围盒碰撞的三维碰撞数据。由此计算能够准确获取边界框与包围盒的碰撞范围,将不存在碰撞关系的部分线路保留,将存在碰撞关系的部分线路基于三维碰撞数据进行调整。

[0016] 根据一种优选的实施方式,方法还包括:基于三维碰撞数据控制无人叉车以平移或旋转的方式改变货物的位姿,以使得包围盒与边界框不发生碰撞;在改变货物的位姿后,包围盒与边界框仍存在碰撞关系的情况下,基于不存在碰撞关系的若干边界框组合规划出无人叉车能够安全通过的搬运路线。与上述现有技术相比,本发明能够通过调整货物的位姿来避免发生碰撞,并能够根据货物的位姿改变来调整搬运路线。基于上述区别技术特征,本发明要解决的问题可以包括:如何根据无人叉车搬运的货物类型及状态信息对搬运路线进行组合规划。具体地,对大规模的运输过程中,在遇到障碍物就重新规划搬运路线是不必要的。在某些情况下,通过改变货物摆放的姿态就能够使得货物通过某一通道或障碍物。例如,通过将货物倾斜摆放以通过某一限高的通道。本发明通过改变货物位姿的方式使得无人叉车能够通过之前不能通过的通道或障碍物。其是在遇到限高的通道时,能够通过将货物的竖向摆放调整为倾斜或横向摆放的方式,使货物高度降低,以通过该限高通道。在上述判断过程中,无需工作人员的介入,通过较少的计算量实现了无人叉车的智能控制,不会影响无人叉车的运输效率。

[0017] 本发明的另一方面涉及一种货物搬运路线规划系统,包括无人叉车和处理单元。处理单元被配置为:基于障碍物信息构建在无人叉车运输的虚拟场景中的若干边界框;基于无人叉车的模型数据以及所运输的货物的尺寸数据构建至少一个包围盒;基于若干边界框和至少一个包围盒在至少一条搬运路线上进行预碰撞以确定是否存在运输风险,在存在运输风险的情况下,将边界框与包围盒进行碰撞检查以获取三维碰撞数据;基于三维碰撞数据规划无人叉车所运载的货物的位姿和/或无人叉车的搬运路线。本发明通过无人叉车

在运载货物后自身碰撞体积的变化建立对应的包围盒,从而在无人叉车进行避障的同时,也避免所运载的货物发生碰撞。本发明的处理单元能够基于形成的包围盒规划无人叉车在运载货物情况下的搬运路线,有效避免因货物尺寸或位姿的改变导致无人叉车在运载情况下沿预先设定的搬运路线不能安全抵达目标位置,在保障无人叉车运输效率的前提下,防止货物与障碍物可能发生的碰撞。

[0018] 根据一种优选的实施方式,处理单元还被配置为:基于三维碰撞数据控制无人叉车以平移或旋转的方式改变货物的位姿,以使得包围盒与边界框不发生碰撞;在改变货物的位姿后,包围盒与边界框仍存在碰撞关系的情况下,基于不存在碰撞关系的若干边界框组合规划出无人叉车能够安全通过的搬运路线。本发明的处理单元通过控制无人叉车抱夹旋转货物的方式来调节货物的位姿,从而使得无人叉车能够通过某一限高、限宽或弯折的通道以及障碍物。该方式无需处理单元重新规划搬运路线,通过碰撞检查获取的相关三维碰撞数据就能够实现对货物位姿的调节,从而在沿预设搬运路线的情况下避免货物可能与通道或障碍物发生的碰撞,提高了无人叉车运输货物的效率。

附图说明

[0019] 图1是本发明提供的一种优选实施方式的货物搬运路线规划系统的简化模块连接关系示意图;

[0020] 图2是本发明提供的一种优选实施方式的货物搬运路线规划方法的简化流程示意图;

[0021] 图3是本发明提供的一种优选实施方式的货物搬运路线规划系统的简化应用场景示意图;

[0022] 图4是本发明提供的一种优选实施方式的货物搬运路线规划系统的无人叉车与障碍物发生碰撞的简化应用场景示意图;

[0023] 图5是本发明提供的一种优选实施方式的货物搬运路线规划系统的无人叉车与障碍物发生碰撞的另一简化应用场景示意图;

[0024] 图6是本发明提供的一种优选实施方式的货物搬运路线规划系统的无人叉车调整货物位姿之后不与障碍物发生碰撞的简化应用场景示意图;

[0025] 图7是本发明提供的一种优选实施方式的货物搬运路线规划系统的无人叉车调整货物位姿之后不与障碍物发生碰撞的另一简化应用场景示意图。

[0026] 附图标记列表

[0027] 100:处理单元;200:无人叉车;201:包围盒;300:障碍物;301:边界框;302:边界框子模块;303:限高通道;304:货架;400:货物;500:搬运路线。

具体实施方式

[0028] 下面结合附图进行详细说明。

[0029] 无人叉车200:无人叉车200是一种智能工业车辆机器人,其可以在没有人工驾驶的情况下,通过各种导航技术,自动完成各种搬运和运输任务。在本发明中,该无人叉车200能够是抱夹旋转式智能叉车,由此能够控制货物400的平移与旋转。

[0030] 边界框301:是指一个能够完全包含一个物体或一组物体的几何体。边界框301可

以是二维的或三维的,可以是轴对齐的或旋转的。在本发明中,边界框301是指以障碍物300的最长边长构建的立方体,其不仅包含了障碍物300,还包含了额外的空间。

[0031] 包围盒201:是指一个能够完全包含一个物体或一组物体的最小立方体。包围盒201通常是轴对齐的,也就是说其边与坐标轴平行。

[0032] 碰撞检查:在虚拟空间中判断至少两个虚拟模型是否存在空间上的重叠关系。

[0033] 虚拟通道:包围盒201在移动过程中形成的体。例如,在数学和几何学中,面移动形成了体,即,一个平面图形沿一个路径移动形成了一个立体图形。在本发明中,虚拟通道是指包围盒201在沿搬运路线500移动过程中形成的一个立体图形。

[0034] 位姿:在本发明中,位姿代表货物400的位置和姿态。任何一个刚体(例如货物400)在全局坐标系中可以用位置和姿态来精确、唯一表示其位置状态。

[0035] 全局坐标系:是指虚拟场景的三维空间中,物体所在的坐标系。在本发明中,各个物体(例如障碍物300、无人叉车200以及货物400等)的顶点坐标均能够基于该坐标系来表达。全局坐标系是整个虚拟场景的坐标系,为固定坐标系。各个物体均是相对于该坐标系进行位移、旋转和缩放的。

[0036] 实施例1

[0037] 现有技术中,智能叉车的工作过程不需要人为操纵。但是智能叉车在货物运输过程中,不可避免会遭遇部分不可预知的障碍物300,受障碍物300影响叉车无法按原先规划好的路径行驶。尤其是对于智能叉车所运载的货物400所具有的尺寸不同的情况下,智能叉车难以判断预先规划好的路径是否在货物400尺寸变化的影响下,导致其在该路径上与障碍物300发生碰撞。例如,若智能叉车所运载的货物400尺寸较大,其可能不适用于预先规划好的路径,需要通过其他路径或通道运输货物400。目前现有技术多采用人工势场法、气泡带技术等对智能叉车进行避障规划,其通过将路径上的障碍物300规划为较大的包围盒201的方式进行避障。但是该方法由于计算精度问题,容易使得路径上包围盒201过多或过大,导致智能叉车出现没有适合移动路径的假象,并且该方式所规划的路径不仅未考虑货物400的尺寸以及对应的摆放位姿,同时未考虑对路径上每一障碍物300进行包围盒201计算所带来的冗余数据过多、计算量过大,导致的智能叉车不灵敏、运输效率较低的问题。因此,如何基于货物400尺寸以及摆放位姿的不同规划适合的叉车移动路径以及如何减小障碍物300计算以及路径规划的计算量,是本发明所要解决的技术问题。

[0038] 如图1所示,本发明公开了一种已完成数字孪生的场景在需要无人叉车200运输货物400的情况下,如何通过无人叉车200运载货物400时所运输货物400位姿的改变,或无人叉车200运载货物400的搬运路线500的规划,实现货运仓库内货物400的快速调度的规划系统。

[0039] 为此,本发明的货物搬运路线500规划系统包括至少一个以抱夹旋转货物的方式运载货物400的无人叉车200和用于规划无人叉车200的搬运路线500以及对应货物400位姿的处理单元100。

[0040] 在处理单元100于虚拟场景中模拟出表征障碍物300的若干边界框301的情况下,或在已完成数字孪生的货运仓库需要运输货物400的情况下,停靠在充电站的若干无人叉车200与处于远端服务器或货运仓库的调度室或监控室内的处理单元100以有线或无线的方式通信连接。若干无人叉车200以有线连接的方式停靠在充电站内补充能量,并且若干无

人叉车200在充电站中同时以有线连接的方式与处理单元100连接以传输处理单元100在虚拟场景中模拟出的搬运路线500和/或与搬运路线500对应的无人叉车200待搬运货物400的位姿的规划。

[0041] 在本发明中,处理单元100可设置于货运仓库的调度室或监控室内或无人叉车200停靠的充电站内。当处理单元100设置于充电站内时,处理单元100与若干无人叉车200以有线的方式建立通信连接。充电站设置有与处理单元100连接的通信接口。处理单元100根据无人叉车200所需搬运的货物将在虚拟场景中模拟出的搬运路线500以及货物400位姿以有线的方式发送至无人叉车200。在需要无人叉车200搬运货物时,由于搬运路线500以及对应货物400位姿的相关数据量较大,通过无线的方式难以快速进行数据的传递,同时需要较大的带宽支撑。因此,有线传输方式相较于无线传输方式更适用于处理单元100经过预模拟后获取的搬运路线500的传输。在该情况下,处理单元100在虚拟场景中预模拟并且得出无人叉车200的搬运路线500以及对应的货物400的位姿,并且以有线的方式在无人叉车200的充电过程中就传输若干数据。

[0042] 图3~图7为货运仓库的三维模拟虚拟场景。在处理单元100基于障碍物信息构建在无人叉车200运输的虚拟场景中的若干边界框301,以及处理单元100基于无人叉车200的模型数据以及所运输的货物400的尺寸数据构建出包围盒201的情况下,运载货物400的无人叉车200沿从处理单元100接收的搬运路线500移动。由于处理单元100传输的搬运路线500中附带有经过该搬运路线500时所需运载的货物400的位姿。因此,无人叉车200在抵近某一障碍物300的情况下,以调整所运载货物400的位姿的方式通过该障碍物300。

[0043] 如图3所示,无人叉车200需要通过某一限高通道303或需要通过某一降下高度的消防门帘。如图4所示,由于之前无人叉车200搬运货物400的重心要求,无人叉车200所运载货物400的高度较高,导致其以当前货物400位姿无法通过该限高通道303。无人叉车200能够以绕行的方式通过该限高通道303,但这影响到无人叉车200的运输效率。在本发明中,由于处理单元100在虚拟场景中的预先规划,无人叉车200能够在抵近该限高通道303的情况下,以改变货物位姿的方式通过该限高通道303。处理单元100基于若干边界框301和包围盒201在至少一条搬运路线500上进行预碰撞以确定是否存在运输风险。

[0044] 如图5所示,在存在运输风险的情况下,处理单元100将边界框301与包围盒201进行碰撞检查以获取三维碰撞数据。处理单元100基于三维碰撞数据规划无人叉车200所运载的货物400的位姿和/或无人叉车200的搬运路线500。上述计算均在处理单元100进行的虚拟场景中的模拟得出,尤其是处理单元100能够以有线传输的方式将搬运路线500以及对应的货物位姿发送至无人叉车200。如图6和图7所示,无人叉车200在抵近该限高通道303的情况下,以降低货物400的位姿的方式通过该限高通道303。

[0045] 本发明的无人叉车200能够在货物存放点或货物存放仓库进行货物400的智能运输。该货物存放点或货物存放仓库已经完成数字孪生,从而便于处理单元100获取货物存放点或货物存放仓库内的障碍物信息。本发明的处理单元100可以是处理器、服务器、云平台、计算机、智能设备中的一种或多种,其用于执行本发明的货物搬运路线500规划方法的软件程序。

[0046] 本发明提出一种货物搬运路线500规划方法,如图2所示,方法包括:

[0047] S1:处理单元100基于障碍物信息构建在无人叉车200运输的虚拟场景中的若干边

界框301。

[0048] 上述边界框301是指能够完全包含一个物体或一组物体的矩形或立方体。在本发明中,边界框301是指能够完全包含在无人叉车200运输路径上的障碍物300的立方体。

[0049] S2:处理单元100基于无人叉车200的模型数据以及所运输的货物400的尺寸数据构建至少一个包围盒201。

[0050] S3:处理单元100基于若干边界框301和至少一个包围盒201在至少一条搬运路线500上进行预碰撞以确定是否存在运输风险,在存在运输风险的情况下,将边界框301与包围盒201进行碰撞检查以获取边界框301与包围盒201碰撞的三维碰撞数据。

[0051] S4:处理单元100基于三维碰撞数据规划无人叉车200所运载的货物400的位姿和/或无人叉车200的搬运路线500。

[0052] 本发明通过无人叉车200在运载货物400后整体尺寸的变化与运输的虚拟场景中的若干障碍物300进行简单的预碰撞,从而以少量的计算量判断出无人叉车200运载货物400后是否在预设路径上与障碍物300发生碰撞,筛选出不会发生碰撞的区段。本发明的处理单元100还通过对存在运输风险的区段进行高精度的碰撞检查,获取发生碰撞的三维碰撞数据,以调整无人叉车200运载货物400的位置或无人叉车200搬运路线500的方式,避开该存在运输风险的区段。由此,不仅减少了预设路径碰撞预测的前期计算量,还能够规划出无人叉车200的安全搬运路线500。

[0053] S11:处理单元100基于已完成数字孪生的货运仓库的障碍物信息建立虚拟场景下的全局坐标系。

[0054] 已完成数字孪生的货运仓库中设置有若干数字孪生传感器。该数字孪生传感器能够是激光扫描传感器,由此获取当前货运仓库的全局障碍物信息以及障碍物相对于各个数字孪生传感器的相对坐标。处理单元100基于障碍物信息和各个数字孪生传感器的当前位置点的全局坐标,将若干障碍物300相对坐标转换为全局坐标系下的全局坐标,从而建立在虚拟场景下的若干障碍物300。

[0055] S12:处理单元100基于全局坐标系和若干障碍物300的尺寸建立与障碍物300对应的若干边界框301。

[0056] 优选地,步骤S12:处理单元100基于障碍物300的尺寸中的最长边来建立与障碍物300对应的几何体,并且将几何体作为边界框301。处理单元100将障碍物300的最长边长作为边界框301的边界,由此构建在虚拟场景中的完全包含障碍物300的边界框301。

[0057] 如图1所示,上述障碍物300能够是指货运仓库中的若干货架304、停放的无人叉车200或其他静止障碍物300。在本发明中,处理单元100所构建的边界框301并非是完全与障碍物300贴合或符合的包围盒201,而是能够近似表征障碍物300所覆盖范围的规则几何体。由此,避免了现有技术所建立的包围盒201需要精确计算障碍物300的每一处变化以及形态的问题,简化了后续碰撞检查的计算量,并且同时不会遗漏货运仓库中的若干障碍物300。

[0058] S21:处理单元100基于无人叉车200的模型数据建立用于表征无人叉车200车身尺寸的虚拟模型。

[0059] 无人叉车200的模型数据能够根据其型号的不同预存在数据库中,与无人叉车200无线连接的处理单元100能够识别当前无人叉车200的型号,并从数据库中调用与该型号对应的模型数据以构建出表征无人叉车200车身尺寸的虚拟模型。处理单元100还能够预先构

建出与无人叉车200对应的虚拟模型,以直接调用该虚拟模型进行搬运路线500的规划。在本发明中,无人叉车200能够是抱夹旋转式叉车或其他能够实现货物400旋转摆放的智能叉车,由此能够对货架304上的货物400进行拿取,并且在运输货物400的过程中调整货物400的位姿。

[0060] S22:处理单元100基于无人叉车200运载的货物400的尺寸数据、位姿以及无人叉车200的虚拟模型构建至少一个包围盒201。

[0061] 货物400会因在无人叉车200上摆放方式的不同而形成不同大小以及形状的包围盒201。例如,无人叉车200能够将货物400以横放或竖放的方式放置在悬臂或货叉上。优选地,无人叉车200上设置有用于监测所运载货物400尺寸的检测机构。无人叉车200的悬臂或货叉上设置有检测机构,该检测机构能够是光电或距离传感器,从而获取无人叉车200所运载的货物400的位姿以及尺寸,并可将位姿与尺寸数据传输给处理单元100。由于本发明中的无人叉车200为智能叉车,其能够调整货物400的位姿。优选地,在货架304上的货物400未与货叉对齐的情况下,无人叉车200可调整货叉角度以拿取货架304上的货物400,并且无人叉车200借助其带有的旋转抱夹式的机械爪具调整货物400于货叉上的位姿以缩小无人叉车200与运载货物400的整体所占空间。

[0062] 优选地,在处理单元100获取到无人叉车200所运载的货物400的位姿和尺寸的情况下,处理单元100结合无人叉车200的虚拟模型建立该无人叉车200运载货物400的至少一个包围盒201。在货物400位姿发生改变的情况下,处理单元100基于改变后的货物400位姿更新或重建包围盒201。该包围盒201是指包含该无人叉车200和货物400的最小立方体。由此,本发明能够通过包围盒201和边界框301的碰撞检查实现无人叉车200的搬运路线500的规划。

[0063] S31:处理单元100将包围盒201以沿预设搬运路线500移动的方式建立能够表征无人叉车200运动轨迹的虚拟通道。

[0064] 该虚拟通道是指能够表征无人叉车200和运输货物400的包围盒201在预设搬运路线500上移动后形成的立体通道。处理单元100通过延时的方式将包围盒201移动过程中的每一拖影进行记录,从而形成立体的虚拟通道。例如,当包围盒201为球形时,包围盒201沿直线的预设搬运路线500移动形成了类圆柱体的虚拟通道。本发明的虚拟通道能够表征包围盒201(货物400以及运载其的无人叉车200)在沿搬运路线500移动过程中的运动轨迹以及所接触的空间。本发明通过虚拟通道与边界框301的预碰撞判断在该搬运路线500下,无人叉车200是否与障碍物300发生碰撞,从而规划出适合该尺寸货物400以及无人叉车200移动的搬运路线500。由于搬运路线500在多数情况下并非为单一直线,因此,本发明所形成的虚拟通道是在虚拟场景中弯曲延伸的通道。

[0065] S32:处理单元100基于若干边界框301的三维切面来切割虚拟通道,以形成若干待测包围盒。

[0066] 具体地,由于货运仓库内的障碍物300多为规则几何体(例如货架304),因此,处理单元100基于所建立的全局坐标系,沿该全局坐标系的至少三个相互垂直的方向分别创建与边界框301相切的各个切面。在形成有延伸的虚拟通道的情况下,处理单元100基于若干边界框301将虚拟通道划分为待测包围盒并保留在边界框301区域内。虚拟通道的形状是弯曲复杂的,若对该虚拟通道进行全局的碰撞检查不仅增大了处理单元100的计算量,大多数

的碰撞计算也是无意义的。因此,本发明基于边界框301,在存在边界框301的区域筛选出与无人叉车200对应的待测包围盒来进行碰撞检查,提高数据计算的效率。

[0067] S33:处理单元100基于待测包围盒与对应边界框301的预碰撞判断待测包围盒与边界框301的碰撞关系以筛选出存在碰撞关系的若干待测包围盒和若干边界框301。

[0068] 上述碰撞关系包括相交或包含。碰撞关系是指待测包围盒与边界框301存在立体空间上的重叠,两者可能存在碰撞风险。处理单元100通过全局坐标系中的空间判断确定待测包围盒与边界框301是否存在碰撞关系,进而筛选出可能存在碰撞关系的若干待测包围盒和若干边界框301。

[0069] 由于本发明所构建的边界框301是根据障碍物300的最长边形成的。若该障碍物300为规则几何体,则该边界框301与虚拟通道的预碰撞是准确的。若该障碍物300为不规则立体,则该边界框301包含了非该障碍物300的真实位置范围。此时来判断运载货物400的无人叉车200是否与障碍物300发生碰撞必然存在较大的误差。在本发明中,三维碰撞数据的获取是繁琐的,所需计算量大。因此,应当进一步确定该边界框301是否与包围盒201存在碰撞关系。边界框301虽简化了前期障碍物300虚拟模型的获取的计算量,但也扩大了所获取的虚拟模型的体积,导致后续碰撞关系的判断存在误差。

[0070] 需要说明的是,之所以不基于障碍物300的每一真实轮廓进行边界框301的构建,是因为真实轮廓构建出的障碍物300的边界框301需要消耗大量的计算资源,进行真实的每一轮廓的边界框301的构建所需要的数据计算量是不容忽视的。可能与无人叉车200发生碰撞的障碍物300并非为多数。因此,本发明通过较大范围边界框301的预碰撞,从而筛选出可能与无人叉车200碰撞的障碍物300,进而再进行高精度的边界框301的划分以进行碰撞检查。

[0071] S34:在待测包围盒与边界框301存在碰撞关系的情况下,处理单元100将不规则的边界框301以分段和/或拆分的方式划分为若干边界框子模块302,以通过若干边界框子模块302与待测包围盒进行预碰撞的方式筛选出可能存在碰撞关系的边界框子模块302。

[0072] 由于根据障碍物300的最长边构建的边界框301所覆盖的空间超过了障碍物300的实际体积,导致碰撞关系判断时的准度过低。因此,本发明在筛选出部分边界框301后,再将边界框301划分为多个边界框子模块302的方式进行二次筛选,从而在减小三维碰撞数据计算量的基础上,增加碰撞关系判断的准确性。

[0073] 具体地,处理单元100将不规则的障碍物300的两端的顶点连接以构建能够局部表征包含该障碍物300的最小的虚拟边界。处理单元100将虚拟边界与待测包围盒进行预碰撞以筛选出存在碰撞关系的边界框301。优选地,处理单元100基于不规则特征将经过二次筛选的边界框301进行分段以作为边界框子模块302。上述不规则特征是指障碍物300的弯折情况或变形情况。上述虚拟边界与待测包围盒的判断能够获取待测包围盒与边界框301的相对位置,排除离实际障碍物300较远的待测包围盒。上述简单的划分方式能够减少边界框子模块302构建时的计算量,通过简单的全局坐标判断就能够完成划分和判断过程。

[0074] 具体例如,若障碍物300为存在弯折的货架。在将其构建为边界框301的情况下,该边界框301包含大量非障碍物300的范围。对此,本发明通过将该障碍物300的对角顶点进行连接,从而构建出体积更小的能够包含该障碍物300的虚拟边界。处理单元100将该虚拟边界与待测包围盒进行预碰撞,从而进一步判断待测包围盒与障碍物300的碰撞关系,并且筛

选出存在碰撞关系的边界框301。处理单元100将经过二次筛选的边界框301基于障碍物300的不规则特征进行分段,从而获取若干边界框子模块302。处理单元100基于若干边界框子模块302与待测包围盒的预碰撞,从而再一次将不存在碰撞关系的边界框子模块302排除。由此获取的边界框子模块302极大概率与待测包围盒存在碰撞关系。本发明均采用预碰撞的方式监测边界框301和边界框子模块302与待测包围盒之间的碰撞关系,仅需获取是否存在碰撞关系,无需获取实际的碰撞交集,从而节省了大量的计算资源,结合边界框301的简单构建方式以及简单划分方式,本发明极大提高了搬运路线500的判断以及规划速率,增加了无人叉车200的工作效率。

[0075] S35:在筛选出若干边界框301和若干边界框子模块302的情况下,处理单元100将若干边界框301和若干边界框子模块302划分为若干边界元以与包围盒201进行至少一次碰撞检查从而获取三维碰撞数据。

[0076] 处理单元100以预设间隔单位将若干边界框301和若干边界框子模块302划分为若干边界元。上述间隔单位例如是厘米、毫米等长度单位。本发明将每个边界元与包围盒201进行逐点式碰撞检查以获取若干边界框301和若干边界框子模块302与包围盒201碰撞的三维碰撞数据。具体地,处理单元100计算每个边界元与包围盒201交点的全局坐标,从而以集合的方式存储每一个交点的全局坐标。若干交点表征该处包围盒201与边界元(即,运载货物400的无人叉车200与障碍物300)存在碰撞。由此计算能够准确获取边界框301与包围盒201的碰撞范围,将不存在碰撞关系的部分线路保留,存在碰撞关系的部分线路基于三维碰撞数据进行调整。

[0077] 在本发明中,上述保留的不存在碰撞关系的部分线路不仅包括运载货物400的无人叉车200在预设搬运路线500上的不存在碰撞关系的部分线路,还包括处理单元100在存在富余计算力的情况下,计算的在货运仓库与运载货物400的无人叉车200不存在碰撞关系的部分线路。处理单元100在无人叉车200前进至某一区域的情况下,选择性保留后续不存在碰撞关系的部分线路,从而在无人叉车200运载货物400的位姿改变后,能够控制无人叉车200再次改变货物400的位姿以重新回归预设搬运路线500上。在无人叉车200上的货物400的位姿被改变的情况下,处理单元100基于改变后的货物400的位姿计算与无人叉车400不存在碰撞关系的部分线路。处理单元100以保留的不存在碰撞关系的部分线路的连续性为基础,规划至少一条搬运路线500,并且附带有无人叉车200运载该货物400经过部分线路所需的货物400的位姿。上述连续性是指处理单元100所规划出的搬运路线500是以连续为准则,而不是以无人叉车200所改变的货物400位姿为准则。在无人叉车200抵达某一线路时,处理单元100控制无人叉车200调整货物400的位姿以通过该线路。

[0078] 由此,本发明避免了对发生碰撞的搬运路线500进行调整后,由于货物400的位姿或搬运路线500发生了变化,导致的发生变化后的货物400的位姿或搬运路线500在其他地方再出现碰撞的情况,避免对无人叉车200搬运路线500的多次调整。本发明优先对无人叉车200所运载的货物400的位姿进行调整,在无人叉车200即使调整货物400位姿之后,也不能通过当前线路的情况下,处理单元100再对搬运路线500进行调整,防止对无人叉车200搬运路线500的多次调整。

[0079] 优选地,处理单元100将包围盒201表示为参数方程,将边界元表示为标准方程,从而基于参数方程和标准方程计算交点。该参数方程能够是以包围盒201起点和包围盒201终

点的参数描绘出包围盒201的方程。该标准方程能够是用于在全局坐标中表示面的方程。例如,参数方程能够是: $f(n) = f_1 + n(f_2 - f_1)$,其中, f_1 为包围盒201起点, f_2 为包围盒201终点。标准方程能够是: $ax + by + Cz + d = 0$,其中, a 、 b 、 c 、 d 分别为边界元在全局坐标中的系数。优选地,处理单元100将包围盒201的参数方程代入边界元的标准方程中以计算出 n 值。若 $0 \leq n \leq 1$,判断包围盒201与边界元相交。此时,将 n 值代入参数方程即可获取具体的交点坐标。若 $n < 0$ 或 $n > 1$,则判断包围盒201与边界元不相交。处理单元100将交点坐标以集合的方式存储以作为三维碰撞数据。

[0080] S41:处理单元100基于三维碰撞数据调整无人叉车200所运载的货物400的位姿。

[0081] 本发明的无人叉车200能够通过抱夹旋转的方式运载货物400的。由此,无人叉车200所运载的货物400的位姿能够进行调整。若干货物400的尺寸不同,无人叉车200所运载的方式也不相同。若无人叉车200以横向或竖向的方式运载该货物400,其形成的包围盒201的大小和形状存在差异,由此导致在该预设搬运路线500下,货物400的不同位姿会决定该无人叉车200能否通过该障碍物300。

[0082] 优选地,处理单元100基于三维碰撞数据控制无人叉车200以平移或旋转的方式改变货物400的位姿,以使得包围盒201与边界框301不发生碰撞。处理单元100基于三维碰撞数据中包围盒201与边界框301之间的交点判断在货物400进行平移或旋转后能否使得无人叉车200不与障碍物300发生碰撞。本发明通过改变货物400位姿的方式使得无人叉车200能够通过之前不能通过的通道或障碍物300。对大规模的运输过程中,在遇到障碍物300就重新规划搬运路线500是不必要的。在某些情况下,通过改变货物400摆放的姿态就能够使得货物400通过某一通道或障碍物300。例如,通过将货物400倾斜摆放以通过某一限高的通道。现有技术中的避障运输过程缺少对货物400姿态摆放的考虑,导致在遇到“不可通过”的通道或障碍物300时,无人叉车200需要重新规划其搬运路线500。但是,该“不可通过”并非是完全不能通过。本发明通过三维碰撞数据的获取,在此基础上控制无人叉车200进行抱夹旋转式的货物400位姿的调节,从而能够对无人叉车200所遇通道或障碍物300进行针对性避障。尤其是在遇到限高的通道时,能够通过将货物400的竖向摆放调整为倾斜或横向摆放的方式,使货物400高度降低,以通过该限高通道303。在上述判断过程中,无需工作人员的介入,通过较少的计算量实现了无人叉车200的智能控制,不会影响无人叉车200的运输效率。

[0083] S42:处理单元100基于三维碰撞数据规划无人叉车200的搬运路线500。

[0084] 在即使改变货物400的位姿也不能避免无人叉车200与障碍物300发生碰撞的情况下,处理单元100重新规划无人叉车200的搬运路线500。处理单元100基于能够安全通过的若干边界框301组合构建出无人叉车200能够安全通过的搬运路线500。在经过上述的若干边界框301的筛选计算后,处理单元100能够获取无人叉车200能够通过的若干边界框301。处理单元100基于筛选出的若干边界框301重新规划搬运路线500。优选地,处理单元100能够存储筛选出的能够使得无人叉车200安全通过的若干边界框301,以在另一无人叉车200进行运输的过程中进行调用。

[0085] 本发明通过上述的若干边界框301的筛选,既能够有效降低碰撞关系确定以及碰撞检查的计算量,又能够作为后续搬运路线500规划的数据储备,在无人叉车200的货物运输过程中,能够快速判断该搬运路线500是否与货物400尺寸吻合,并且在吻合的情况下

快速规划出该无人叉车200能够移动的搬运路线500,提高了无人叉车200货物运输的效率。

[0086] 在全文中,“优选地”所引导的特征仅为一种可选方式,不应理解为必须设置,故此申请人保留随时放弃或删除相关优选特征之权利。

[0087] 需要注意的是,上述具体实施例是示例性的,本领域技术人员可以在本发明公开内容的启发下想出各种解决方案,而这些解决方案也都属于本发明的公开范围并落入本发明的保护范围之内。本领域技术人员应该明白,本发明说明书及其附图均为说明性而并非构成对权利要求的限制。本发明的保护范围由权利要求及其等同物限定。本发明说明书包含多项发明构思,诸如“优选地”“根据一种优选的实施方式”或“可选地”均表示相应段落公开了一个独立的构思,申请人保留根据每项发明构思提出分案申请的权利。

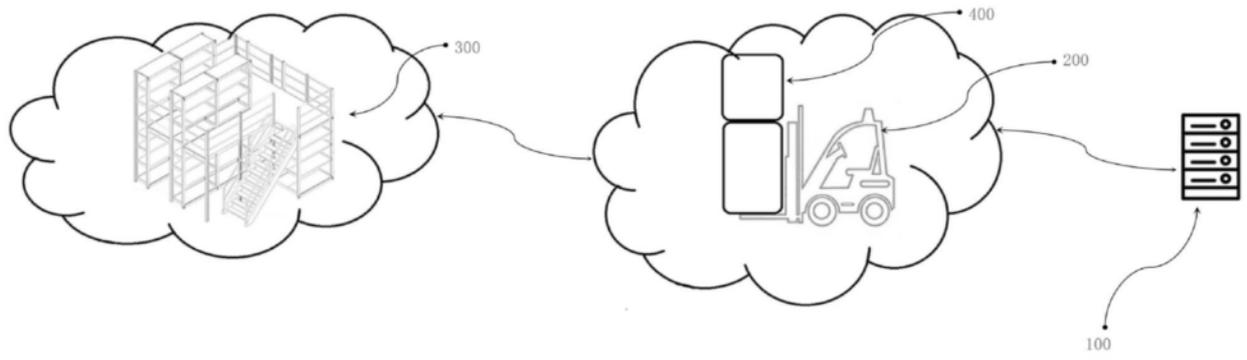


图1

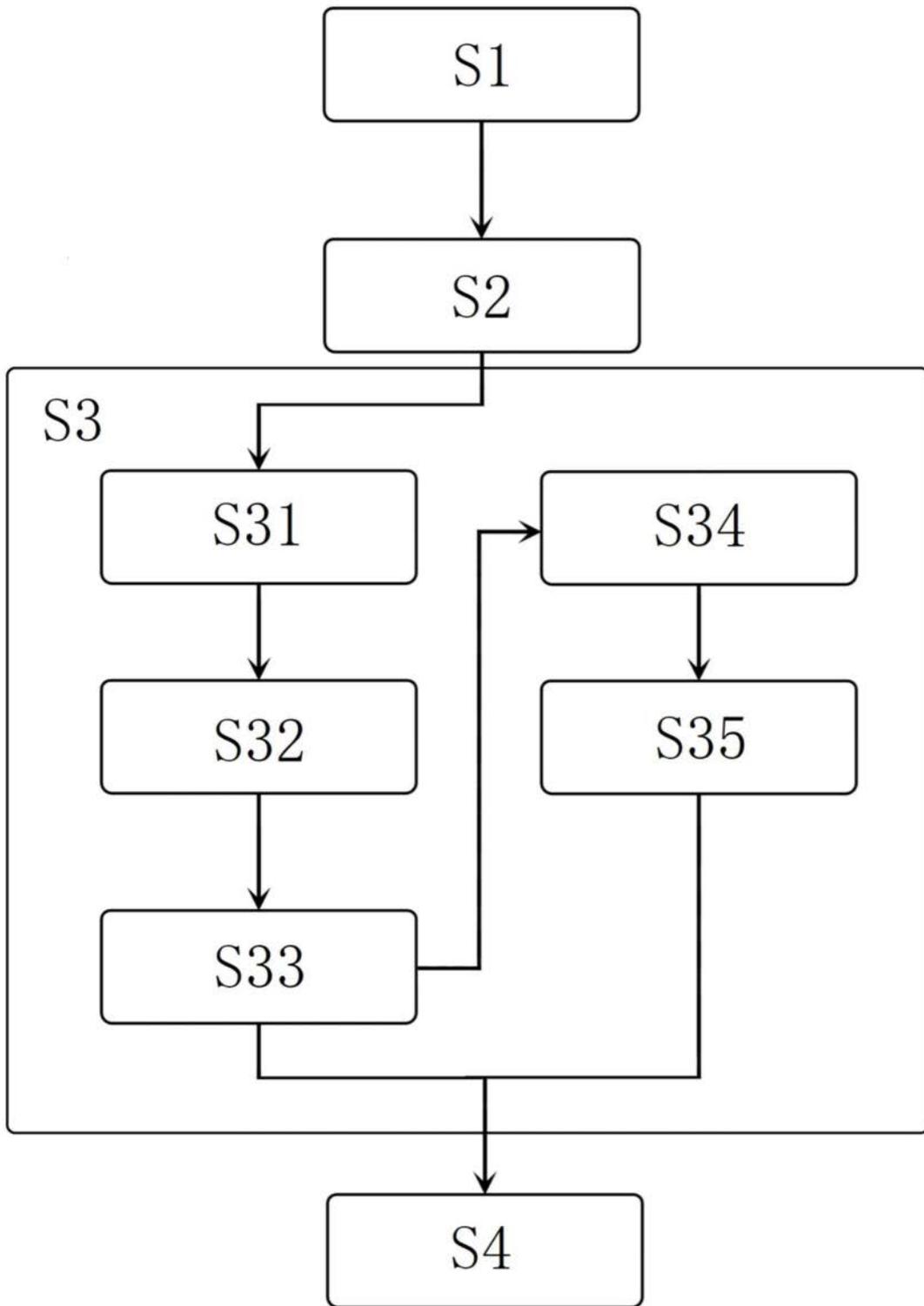


图2

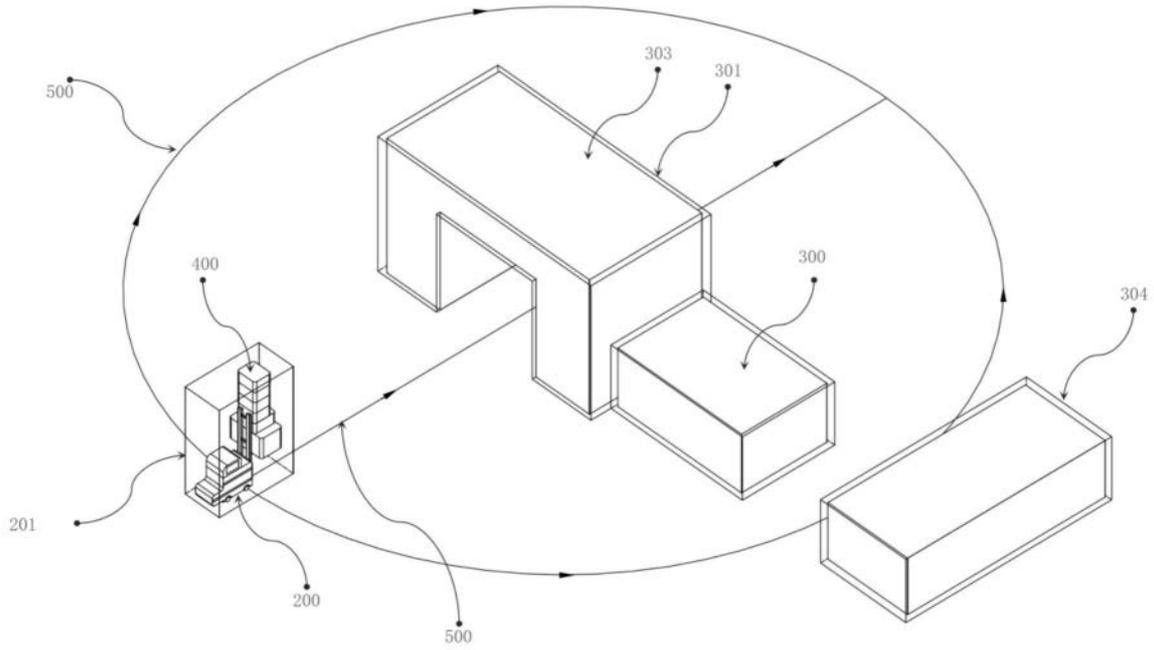


图3

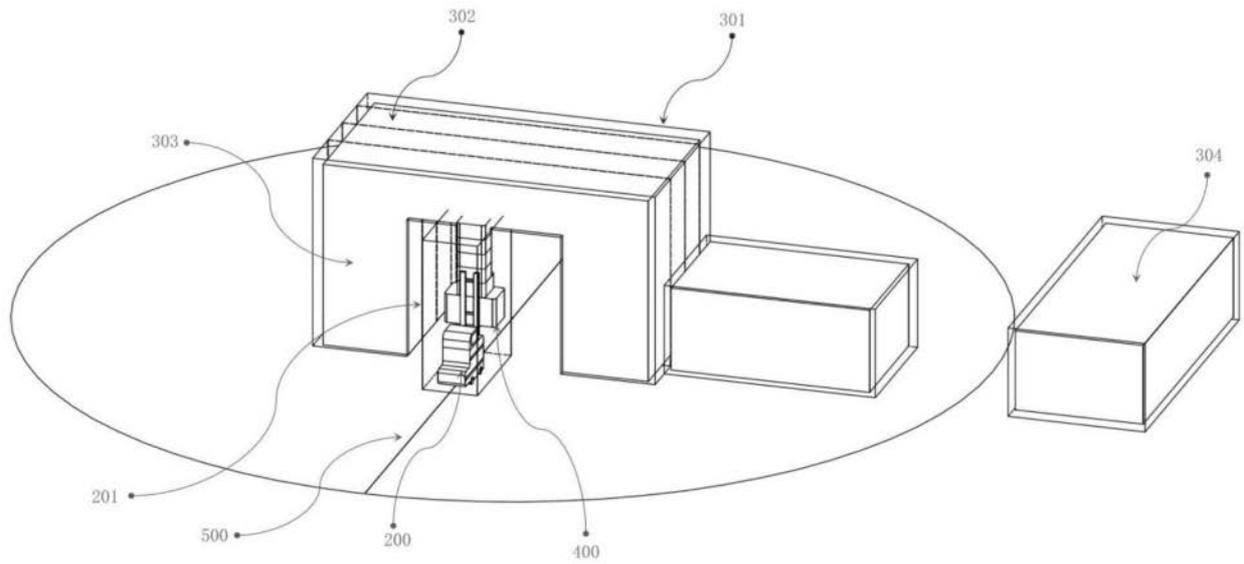


图4

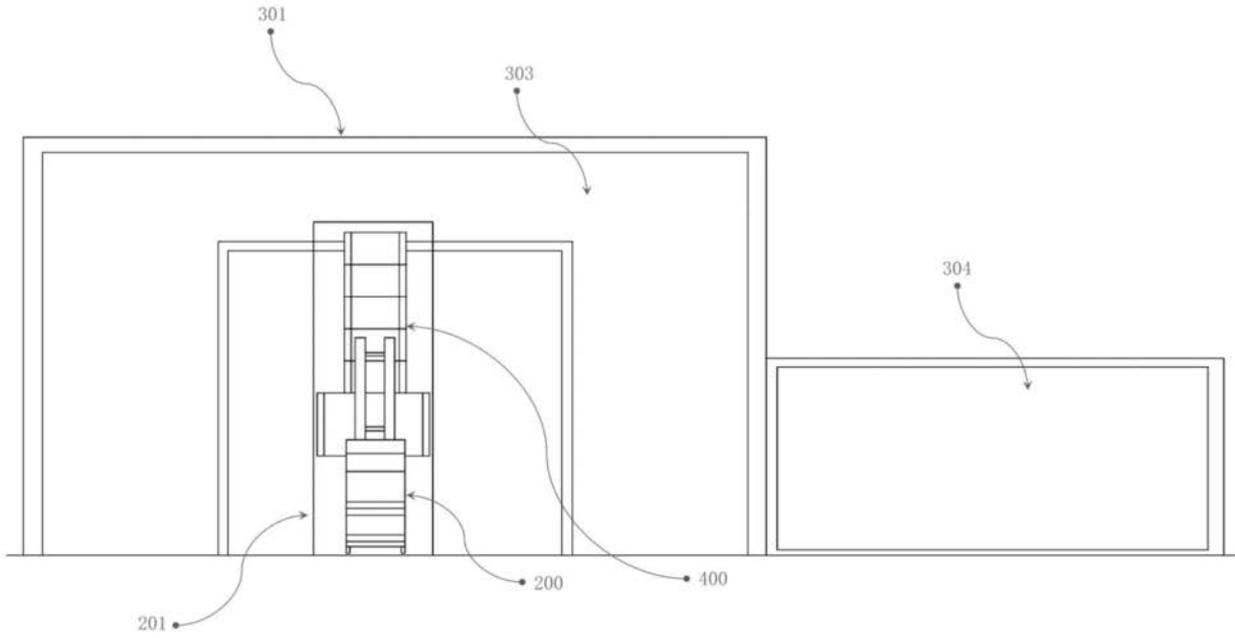


图5

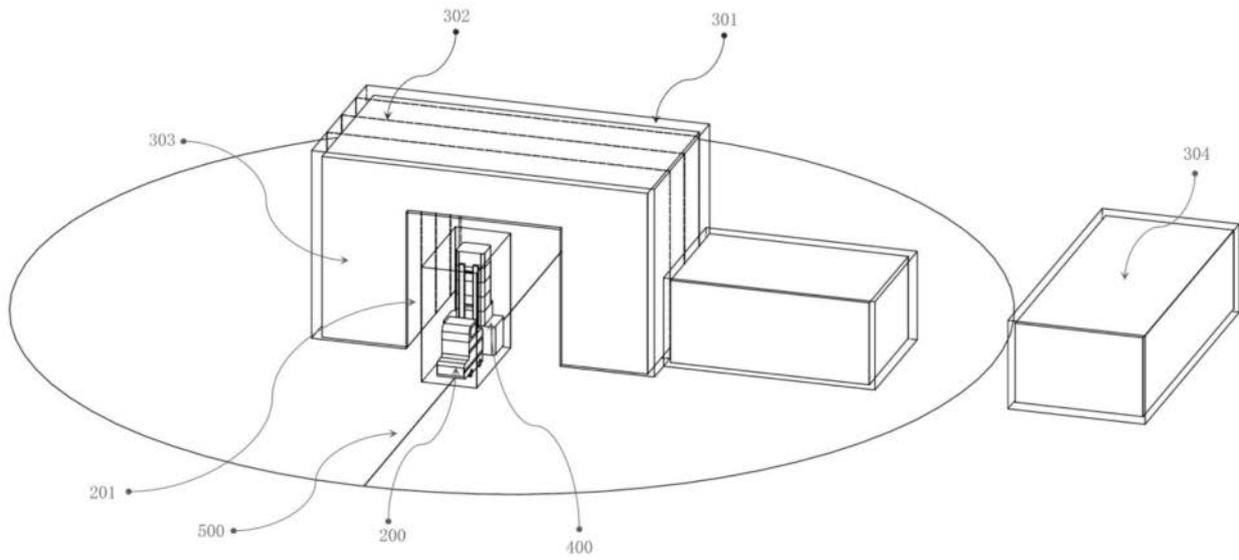


图6

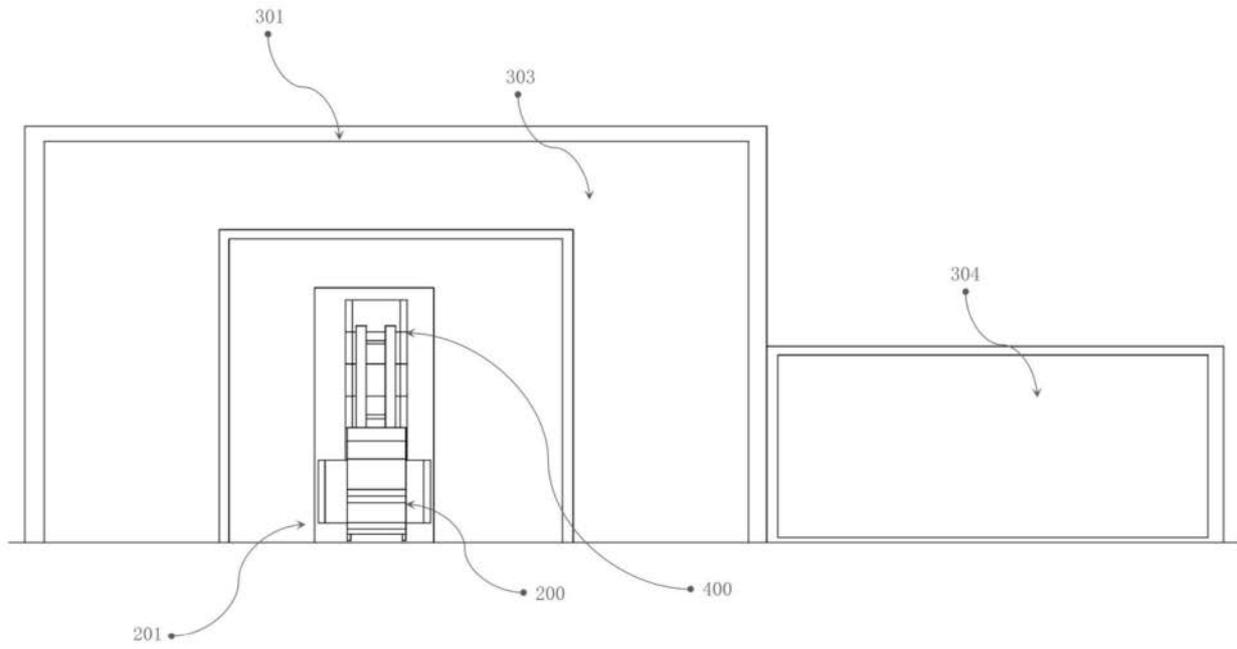


图7