



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114348863 A

(43) 申请公布日 2022. 04. 15

(21) 申请号 202111451978.6

(22) 申请日 2021.12.01

(71) 申请人 唐山钢铁集团微尔自动化有限公司

地址 063016 河北省唐山市滨河路9号

申请人 唐山钢铁集团有限责任公司

(72) 发明人 秦久莲 卢武阳 王学峰 安乐新

李志亮 韩谦 张旭 李晓东

赵晓曦

(74) 专利代理机构 石家庄冀科专利商标事务所

有限公司 13108

代理人 李桂琴

(51) Int. Cl.

B66C 3/12 (2006.01)

B66C 13/16 (2006.01)

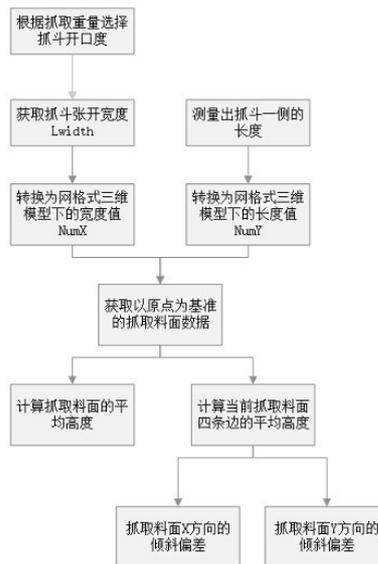
权利要求书3页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

一种实现双绳双瓣抓斗无人天车精准抓料的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种实现双绳双瓣抓斗无人天车精准抓料的方法,属于冶金自动控制方法技术领域。本发明的技术方案是:通过3D扫描对料型建立网格化模型,将料型数据化;通过观察抓取重量和抓斗开口度的关系,建立对应关系图,量化抓斗开度;优先选择高点抓取,防止料型高低不平;选取抓取点倾斜偏差较小的料面,防止抓斗接触料面时发生倾斜,提高抓取成功率。本发明的有益效果是:精确的料面选择和抓取深度计算大大减小了抓取重量误差,实现抓斗对抓取重量的精确控制,同时避免抓斗倾倒,提高天车抓料效率,减小装车时天车作业次数,降低车辆二次装车或卸车的概率。



1. 一种实现双绳双瓣抓斗无人天车精准抓料的方法,其特征包含以下步骤:(1)通过3D扫描对料型建立网格化模型,将料型数据化;(2)抓斗开口度和抓取重量关系对应,观察抓取重量和抓斗开口度的关系,建立对应关系图,量化抓斗开度;(3)抓取料面选取,通过测量抓斗设定开度下的张开宽度和抓斗一侧长度,量化抓取面,再根据抓取面内的网格化数据获取抓取面的三个重要分析指标,分别为总平均高度、X方向倾斜偏差和Y方向倾斜偏差,再通过遍历出所有可抓取料面及料面的三个分析指标,先后利用总平均高度和偏差总和进行排序和筛选,获取最优的抓取料面;(4)抓取深度计算,先依据抓取料面的总平均高度设定一个初始抓取高度,通过抓取体积精确计算初始抓取重量,再通过计算初始抓取高度下抓取的重量与计划重量的偏差获取二次修正高度,得出抓取高度,实现精准抓料。

2. 根据权利要求1所述的一种实现双绳双瓣抓斗无人天车精准抓料的方法,其特征包含以下步骤:

步骤S01:大车前进方向为X轴正向,小车前进方向为Y轴正向,主钩起升方向为Z轴正向,大小车后退极限对应料区拐角地面为原点,建立料区三维坐标系;

步骤S02:利用3D扫描仪扫描料区,获取料型在扫描仪坐标系下的三维数据;

步骤S03:标定3D扫描仪设备的扫描头在料区三维坐标系下的三维坐标;

步骤S04:根据3D扫描仪的扫描头在料区三维坐标系下的三维坐标,将扫描获取的扫描仪坐标系下的三维数据转换为料区坐标系的三维数据;

步骤S05:以原点为基准,X方向200mm,Y方向100mm为单位长度建立料区网格化三维模型,其中X方向转换后从小到大依次定义为 $X_0$ 、 $X_1$ 、 $X_1$ ..... $X_{\max-1}$ 、 $X_{\max}$ ,Y方向转换后从小到大依次定义为 $Y_0$ 、 $Y_1$ 、 $Y_1$ ..... $Y_{\max-1}$ 、 $Y_{\max}$ ;

所述步骤(2)中,包含以下步骤:

步骤S06:测量将抓斗完全张开时的角度 $\theta_{\max}$ ,此时的开口度定义为1.0,完全闭合时的开口度定义为0,开口度与角度比例成线性;

步骤S07:抓斗额定最大抓取重量定义为 $W_{\max}$ ;

步骤S08:根据实际的抓取作业经验,建立抓取重量区间和抓斗开口度的对应关系图

抓取重量为0到 $0.05W_{\max}$ ,设置开口度为0.1,张开角度为 $0.1*\theta_{\max}$ ;

抓取重量为 $0.05W_{\max}$ 到 $0.1W_{\max}$ 时,设置开口度为0.2,张开角度为 $0.2*\theta_{\max}$ ;

抓取重量为 $0.1W_{\max}$ 到 $0.2W_{\max}$ 时,设置开口度为0.25,张开角度为 $0.25*\theta_{\max}$ ;

抓取重量为 $0.2W_{\max}$ 到 $0.3W_{\max}$ 时,设置开口度为0.35,张开角度为 $0.35*\theta_{\max}$ ;

抓取重量为 $0.3W_{\max}$ 到 $0.4W_{\max}$ 时,设置开口度为0.45,张开角度为 $0.45*\theta_{\max}$ ;

抓取重量为 $0.4W_{\max}$ 到 $0.5W_{\max}$ 时,设置开口度为0.6,张开角度为 $0.6*\theta_{\max}$ ;

抓取重量为 $0.5W_{\max}$ 到 $0.6W_{\max}$ 时,设置开口度为0.7,张开角度为 $0.7*\theta_{\max}$ ;

抓取重量为 $0.6W_{\max}$ 到 $0.7W_{\max}$ 时,设置开口度为0.8,张开角度为 $0.8*\theta_{\max}$ ;

抓取重量大于 $0.7W_{\max}$ 时,为防止提升电机过载,禁止抓取;

步骤S09:测量不同张开角度下开闭钢丝绳对应的下降量和抓斗的张开宽度;

所述步骤(3)中,包含以下步骤:

步骤S10:根据抓取重量 $W_{\text{plan}}$ 所在抓取重量区间选择对应抓斗开口度及对应角度 $\theta$ 、开闭钢丝绳的下降量 $L_{\text{down}}$ 、抓斗张开宽度 $L_{\text{width}}$ ;

步骤S11:抓斗张开宽度 $L_{\text{width}}$ 方向与X方向平行,以200mm为单位长度进行转换,得出网

格式三维模型下的宽度值NumX;

步骤S12:测量出抓斗张开宽度方向垂直的抓斗一侧的长度 $L_{length}$ ,长度方向与Y方向平行,以100mm为单位长度进行转换,得出网格格式三维模型下的长度值NumY;

步骤S13:抓取料面的横截面是以宽为抓斗张开宽度 $L_{width}$ 、长为抓斗一侧长度 $L_{length}$ 的矩形,获取以料区坐标系原点为基准的抓取料面四条边所有网格格式三维坐标点的数据,分别为 $(X_0, Y_0)$ 到 $(X_0, Y_{NumY})$ 、 $(X_{NumX}, Y_0)$ 到 $(X_{NumX}, Y_{NumY})$ 、 $(X_0, Y_0)$ 到 $(X_{NumX}, Y_0)$ 、 $(X_0, Y_{NumY})$ 到 $(X_{NumX}, Y_{NumY})$ ;

步骤S14:获取抓取料面上的所有网格格式三维坐标点的高度值,计算抓取料面的总平均高度,定位为 $H_{ave}$ ;

步骤S15:分别计算当前抓取料面四条边的平均高度, $(X_0, Y_0)$ 到 $(X_0, Y_{NumY})$ 的边高度定义为 $H_{X0}$ 、 $(X_{NumX}, Y_0)$ 到 $(X_{NumX}, Y_{NumY})$ 的边高度定义为 $H_{NumX}$ 、 $(X_0, Y_0)$ 到 $(X_{NumX}, Y_0)$ 的边高度定义为 $H_{Y0}$ 、 $(X_0, Y_{NumY})$ 到 $(X_{NumX}, Y_{NumY})$ 的边高度定义为 $H_{NumY}$ ;

步骤S16:计算 $H_{NumX} - H_{X0}$ 的绝对值 $X_{Dif0}$ ,将其定义为当前抓取料面X方向的倾斜偏差;

步骤S17:计算 $H_{NumY} - H_{Y0}$ 的绝对值 $Y_{Dif0}$ ,将其定义为当前抓取料面Y方向的倾斜偏差;

步骤S18:嵌套循环遍历所有可抓取料面的数据,并计算对应料面总平均高度、X方向的倾斜偏差、Y方向的倾斜偏差;

步骤S19:按总平均高度由大到小的原则对所有可抓取料面进行排序,取前四分之一的料面数据;

步骤S20:去除X方向的倾斜偏差大于300mm的抓料料面数据;

步骤S21:去除Y方向的倾斜偏差大于300mm的抓料料面数据;

步骤S22:计算剩余抓取料面的X方向的倾斜偏差与去除Y方向的倾斜偏差的和,并按从小到大进行排序,取第一条料面数据作为最终抓取料面;

所述步骤(4)中,包含以下步骤:

步骤S23:抓斗张开到设定角度,保持开闭钢丝绳不动,支持钢丝绳开始下降,接触到料面后,下降至料面四条边的总平均高度后继续下降150mm,此时结束下降动作,下沉高度为 $H_{ave} - 150\text{mm}$ ,定义为 $H_{ini}$ ;

步骤S24:测量抓斗臂长 $L_{arm}$ ,计算抓斗在高度 $H_{ini}$ 闭合时在该高度截面下方所抓物料体积为 $\frac{\theta}{360} \times \pi \times L_{arm}^2 \times L_{length} - \frac{1}{2} \times \left[ 2 \times L_{arm} \times \cos\left(90^\circ - \frac{\theta}{2}\right) \right] \times \left[ L_{arm} \times \sin\left(90^\circ - \frac{\theta}{2}\right) \right]$ ,定义为 $V_{sur}$ ,

$\frac{\theta}{360} \times \pi \times L_{arm}^2 \times L_{length}$ 为扇形柱体, $\frac{1}{2} \times \left[ 2 \times L_{arm} \times \cos\left(90^\circ - \frac{\theta}{2}\right) \right] \times \left[ L_{arm} \times \sin\left(90^\circ - \frac{\theta}{2}\right) \right]$ 为三棱柱;

步骤S25:获取抓取料面内所有点的坐标及高度值,计算单位长度为1的网格四个顶点的高度总平均值 $H_{unit}$ ,将该高度定义为该单位网格的料面高度;

步骤S26:计算单位网格内抓斗在高度 $H_{ini}$ 之上可抓物料体积 $100 \times 200 \times (H_{unit} - H_{ini})$ ,定义为 $V_{unit}$ ;

步骤S27:将抓取料面内所有单位网格的体积进行累加,获得在高度 $H_{ini}$ 之上可抓物料体积总和 $V_{sum}$ ;

步骤S28:在高度 $H_{ini}$ 抓斗可抓物料的总重量为 $(V_{sur}+V_{sum}) \times \rho$ ,定义为 $W_{ini}$ ,其中 $\rho$ 为物料的密度;

步骤S29:在高度 $H_{ini}$ 抓斗可抓物料的总重量与计划重量偏差为 $W_{ini}-W_{plan}$ ,定义为 $W_{offset}$ ,转换为体积 $\frac{W_{offset}}{\rho}$ ,定义为 $V_{offset}$ ,其中 $\rho$ 为物料的密度;

步骤S30:抓斗需要二次下沉或上升的高度为 $\frac{V_{offset}}{L_{width} \times L_{length}}$ ,定义为 $H_{offset}$ ,其中 $L_{width} \times L_{length}$ 为抓斗抓取面的面积,由此得出抓斗抓取高度为 $H_{ini}-H_{offset}$ 。

## 一种实现双绳双瓣抓斗无人天车精准抓料的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种实现双绳双瓣抓斗无人天车精准抓料的方法,属于冶金自动控制方法技术领域。

### 背景技术

[0002] 无人抓斗天车已广泛应用于矿厂、钢厂的各个领域,由于矿粉多为散料,因此双绳双瓣抓斗在这些领域应用较多。双绳双瓣抓斗在天车上配有两个电机卷筒,每个卷筒引出一根钢丝绳,其中一根钢丝绳系于抓斗顶部平衡架的两端,负责抓斗的起升和下降,起支持作用,定义为支持钢丝绳,另一根钢丝绳经过抓斗上横梁的滑轮与下横梁的滑轮,组成滑轮组,负责抓斗的开闭,定义为开闭钢丝绳。需要开闭抓斗时,支持钢丝绳保持不动,放下开闭钢丝绳,抓斗打开,收起开闭钢丝绳,抓斗闭合。

[0003] 目前无人抓斗天车能实现点对点的准确吊运,但每次作业的实际抓取重量无法得到准确控制,而部分料场的发货车辆要求最终的实际装车重量与计划装车重量误差在2%以内,如果车辆出厂效验重量时,重量发生超差,车辆必须返回料区进行二次装车或卸车,轻者影响发货效率,严重时可能造成料场堆料,从而影响生产。

[0004] 双绳双瓣抓斗无人天车作业抓取重量无法得到准确控制主要是由于抓取物料的面高低不平、抓斗的张开角度和抓斗在料面的下沉深度无法量化,从而影响实际抓取重量。料面的高低不平同样易导致抓斗接触料面时发生倾倒,无法进行有效抓取。如何有效结合抓取点的料型、抓斗张开角度、抓斗下沉深度,给出可行策略从而有实现抓取重量的精准控制,成为了双绳双瓣抓斗无人天车精准抓料急待解决的难题。

### 发明内容

[0005] 本发明目的是提供一种实现双绳双瓣抓斗无人天车精准抓料的方法,通过3D扫描对料型建立网格化模型,将料型数据化;优先选择高点抓取的原则能避免料堆个别区域过高或过低,起到优化料型的作用,防止料型高低不平;选取抓取点料面倾斜偏差较小的原则可防止抓斗接触料面时发生倾斜,提高抓取成功率;精确的料面选择和抓取深度计算大大减小了抓取重量误差,实现抓斗对抓取重量的精确控制,可有效将误差控制在2%以内,同时避免抓斗倾倒,提高天车抓料效率,减小装车时天车作业次数,降低车辆二次装车或卸车的概率,有效地解决了背景技术中存在的上述问题。

[0006] 本发明的技术方案是:一种实现双绳双瓣抓斗无人天车精准抓料的方法,包含以下步骤:(1)通过3D扫描对料型建立网格化模型,将料型数据化;(2)抓斗开口度和抓取重量关系对应,观察抓取重量和抓斗开口度的关系,建立对应关系图,量化抓斗开度;(3)抓取料面选取,通过测量抓斗设定开度下的张开宽度和抓斗一侧长度,量化抓取面,再根据抓取面内的网格化数据获取抓取面的三个重要分析指标,分别为总平均高度、X方向倾斜偏差和Y方向倾斜偏差,再通过遍历出所有可抓取料面及料面的三个分析指标,先后利用总平均高度和偏差总和进行排序和筛选,获取最优的抓取料面;(4)抓取深度计算,先依据抓取料面

的总平均高度设定一个初始抓取高度,通过抓取体积精确计算初始抓取重量,再通过计算初始抓取高度下抓取的重量与计划重量的偏差获取二次修正高度,得出抓取高度,实现精准抓料。

[0007] 所述步骤(1)中,包含以下步骤:

[0008] 步骤S01:大车前进方向为X轴正向,小车前进方向为Y轴正向,主钩起升方向为Z轴正向,大小车后退极限对应料区拐角地面为原点,建立料区三维坐标系;

[0009] 步骤S02:利用3D扫描仪扫描料区,获取料型在扫描仪坐标系下的三维数据;

[0010] 步骤S03:标定3D扫描仪设备的扫描头在料区三维坐标系下的三维坐标;

[0011] 步骤S04:根据3D扫描仪的扫描头在料区三维坐标系下的三维坐标,将扫描获取的扫描仪坐标系下的三维数据转换为料区坐标系的三维数据;

[0012] 步骤S05:以原点为基准,X方向200mm,Y方向100mm为单位长度建立料区网格格式三维模型,其中X方向转换后从小到大依次定义为 $X_0$ 、 $X_1$ 、 $X_1$ 、..... $X_{\max-1}$ 、 $X_{\max}$ ,Y方向转换后从小到大依次定义为 $Y_0$ 、 $Y_1$ 、 $Y_1$ 、..... $Y_{\max-1}$ 、 $Y_{\max}$ ;

[0013] 所述步骤(2)中,包含以下步骤:

[0014] 步骤S06:测量将抓斗完全张开时的角度 $\theta_{\max}$ ,此时的开口度定义为1.0,完全闭合时的开口度定义为0,开口度与角度比例成线性;

[0015] 步骤S07:抓斗额定最大抓取重量定义为 $W_{\max}$ ;

[0016] 步骤S08:根据实际的抓取作业经验,建立抓取重量区间和抓斗开口度的对应关系图

[0017] 抓取重量为0到 $0.05W_{\max}$ ,设置开口度为0.1,张开角度为 $0.1*\theta_{\max}$ ;

[0018] 抓取重量为 $0.05W_{\max}$ 到 $0.1W_{\max}$ 时,设置开口度为0.2,张开角度为 $0.2*\theta_{\max}$ ;

[0019] 抓取重量为 $0.1W_{\max}$ 到 $0.2W_{\max}$ 时,设置开口度为0.25,张开角度为 $0.25*\theta_{\max}$ ;

[0020] 抓取重量为 $0.2W_{\max}$ 到 $0.3W_{\max}$ 时,设置开口度为0.35,张开角度为 $0.35*\theta_{\max}$ ;

[0021] 抓取重量为 $0.3W_{\max}$ 到 $0.4W_{\max}$ 时,设置开口度为0.45,张开角度为 $0.45*\theta_{\max}$ ;

[0022] 抓取重量为 $0.4W_{\max}$ 到 $0.5W_{\max}$ 时,设置开口度为0.6,张开角度为 $0.6*\theta_{\max}$ ;

[0023] 抓取重量为 $0.5W_{\max}$ 到 $0.6W_{\max}$ 时,设置开口度为0.7,张开角度为 $0.7*\theta_{\max}$ ;

[0024] 抓取重量为 $0.6W_{\max}$ 到 $0.7W_{\max}$ 时,设置开口度为0.8,张开角度为 $0.8*\theta_{\max}$ ;

[0025] 抓取重量大于 $0.7W_{\max}$ 时,为防止提升电机过载,禁止抓取;

[0026] 步骤S09:测量不同张开角度下开闭钢丝绳对应的下降量和抓斗的张开宽度;

[0027] 所述步骤(3)中,包含以下步骤:

[0028] 步骤S10:根据抓取重量 $W_{\text{plan}}$ 所在抓取重量区间选择对应抓斗开口度及对应角度 $\theta$ 、开闭钢丝绳的下降量 $L_{\text{down}}$ 、抓斗张开宽度 $L_{\text{width}}$ ;

[0029] 步骤S11:抓斗张开宽度 $L_{\text{width}}$ 方向与X方向平行,以200mm为单位长度进行转换,得出网格格式三维模型下的宽度值NumX;

[0030] 步骤S12:测量出抓斗张开宽度方向垂直的抓斗一侧的长度 $L_{\text{length}}$ ,长度方向与Y方向平行,以100mm为单位长度进行转换,得出网格格式三维模型下的长度值NumY;

[0031] 步骤S13:抓取料面的横截面是以宽为抓斗张开宽度 $L_{\text{width}}$ 、长为抓斗一侧长度 $L_{\text{length}}$ 的矩形,获取以料区坐标系原点为基准的抓取料面四条边所有网格格式三维坐标点的数据,分别为 $(X_0, Y_0)$ 到 $(X_0, Y_{\text{NumY}})$ 、 $(X_{\text{NumX}}, Y_0)$ 到 $(X_{\text{NumX}}, Y_{\text{NumY}})$ 、 $(X_0, Y_0)$ 到 $(X_{\text{NumX}}, Y_0)$ 、 $(X_0, Y_{\text{NumY}})$

到  $(X_{NumX}, Y_{NumY})$ ;

[0032] 步骤S14: 获取抓取料面上的所有网格格式三维坐标点的高度值, 计算抓取料面的总平均高度, 定位为  $H_{ave}$ ;

[0033] 步骤S15: 分别计算当前抓取料面四条边的平均高度,  $(X_0, Y_0)$  到  $(X_0, Y_{NumY})$  的边高度定义为  $H_{X0}$ 、 $(X_{NumX}, Y_0)$  到  $(X_{NumX}, Y_{NumY})$  的边高度定义为  $H_{NumX}$ 、 $(X_0, Y_0)$  到  $(X_{NumX}, Y_0)$  的边高度定义为  $H_{Y0}$ 、 $(X_0, Y_{NumY})$  到  $(X_{NumX}, Y_{NumY})$  的边高度定义为  $H_{NumY}$ ;

[0034] 步骤S16: 计算  $H_{NumX} - H_{X0}$  的绝对值  $X_{Dif0}$ , 将其定义为当前抓取料面X方向的倾斜偏差;

[0035] 步骤S17: 计算  $H_{NumY} - H_{Y0}$  的绝对值  $Y_{Dif0}$ , 将其定义为当前抓取料面Y方向的倾斜偏差;

[0036] 步骤S18: 嵌套循环遍历所有可抓取料面的数据, 并计算对应料面总平均高度、X方向的倾斜偏差、Y方向的倾斜偏差;

[0037] 步骤S19: 按总平均高度由大到小的原则对所有可抓取料面进行排序, 取前四分之一的料面数据;

[0038] 步骤S20: 去除X方向的倾斜偏差大于300mm的抓料料面数据;

[0039] 步骤S21: 去除Y方向的倾斜偏差大于300mm的抓料料面数据;

[0040] 步骤S22: 计算剩余抓取料面的X方向的倾斜偏差与去除Y方向的倾斜偏差的和, 并按从小到大进行排序, 取第一条料面数据作为最终抓取料面;

[0041] 所述步骤(4)中, 包含以下步骤:

[0042] 步骤S23: 抓斗张开到设定角度, 保持开闭钢丝绳不动, 支持钢丝绳开始下降, 接触到料面后, 下降至料面四条边的总平均高度后继续下降150mm, 此时结束下降动作, 下沉高度为  $H_{ave} - 150\text{mm}$ , 定义为  $H_{ini}$ ;

[0043] 步骤S24: 测量抓斗臂长  $L_{arm}$ , 计算抓斗在高度  $H_{ini}$  闭合时在该高度截面下方所抓物料

体积为  $\frac{\theta}{360} \times \pi \times L_{arm}^2 \times L_{length} - \frac{1}{2} \times \left[ 2 \times L_{arm} \times \cos\left(90^\circ - \frac{\theta}{2}\right) \right] \times \left[ L_{arm} \times \sin\left(90^\circ - \frac{\theta}{2}\right) \right]$ , 定义为

$V_{sur}$ ,  $\frac{\theta}{360} \times \pi \times L_{arm}^2 \times L_{length}$  为扇形柱体,  $\frac{1}{2} \times \left[ 2 \times L_{arm} \times \cos\left(90^\circ - \frac{\theta}{2}\right) \right] \times \left[ L_{arm} \times \sin\left(90^\circ - \frac{\theta}{2}\right) \right]$

为三棱柱;

[0044] 步骤S25: 获取抓取料面内所有点的坐标及高度值, 计算单位长度为1的网格四个顶点的高度总平均值  $H_{unit}$ , 将该高度定义为该单位网格的料面高度;

[0045] 步骤S26: 计算单位网格内抓斗在高度  $H_{ini}$  之上可抓物料体积  $100 \times 200 \times (H_{unit} - H_{ini})$ , 定义为  $V_{unit}$ ;

[0046] 步骤S27: 将抓取料面内所有单位网格的体积进行累加, 获得在高度  $H_{ini}$  之上可抓物料体积总和  $V_{sum}$ ;

[0047] 步骤S28: 在高度  $H_{ini}$  抓斗可抓物料的总重量为  $(V_{sur} + V_{sum}) \times \rho$ , 定义为  $W_{ini}$ , 其中  $\rho$  为物料的密度;

[0048] 步骤S29: 在高度  $H_{ini}$  抓斗可抓物料的总重量与计划重量偏差为  $W_{ini} - W_{plan}$ , 定义为

$W_{\text{offset}}$ , 转换为体积  $\frac{W_{\text{offset}}}{\rho}$ , 定义为  $V_{\text{offset}}$ , 其中  $\rho$  为物料的密度;

[0049] 步骤S30: 抓斗需要二次下沉或上升的高度为  $\frac{V_{\text{offset}}}{L_{\text{width}} \times L_{\text{length}}}$ , 定义为  $H_{\text{offset}}$ , 其中

$L_{\text{width}} \times L_{\text{length}}$  为抓斗抓取面的面积, 由此得出抓斗抓取高度为  $H_{\text{ini}} - H_{\text{offset}}$ 。

[0050] 本发明的有益效果是: 通过3D扫描对料型建立网格化模型, 将料型数据化; 优先选择高点抓取的原则能避免料堆个别区域过高或过低, 起到优化料型的作用, 防止料型高低不平; 选取抓取点料面倾斜偏差较小的原则可防止抓斗接触料面时发生倾斜, 提高抓取成功率; 精确的料面选择和抓取深度计算大大减小了抓取重量误差, 实现抓斗对抓取重量的精确控制, 可有效将误差控制在2%以内, 同时避免抓斗倾倒, 提高天车抓料效率, 减小装车时天车作业次数, 降低车辆二次装车或卸车的概率。

### 附图说明

[0051] 图1是本发明的料区网格化模型建立流程图;

[0052] 图2是本发明的抓斗开口度和抓取重量关系对应流程图;

[0053] 图3是本发明抓取料面选取中可抓取料面及其三个分析指标建立流程图;

[0054] 图4是本发明基于图3的最优抓取料面选取流程图;

[0055] 图5是本发明的抓取深度计算流程图。

### 具体实施方式

[0056] 为了使发明实施案例的目的、技术方案和优点更加清楚, 下面将结合实施案例中的附图, 对本发明实施案例中的技术方案进行清晰的、完整的描述, 显然, 所表述的实施案例是本发明一小部分实施案例, 而不是全部的实施案例, 基于本发明中的实施案例, 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案例, 都属于本发明保护范围。

[0057] 一种实现双绳双瓣抓斗无人天车精准抓料的方法, 包含以下步骤: (1) 通过3D扫描对料型建立网格化模型, 将料型数据化; (2) 抓斗开口度和抓取重量关系对应, 观察抓取重量和抓斗开口度的关系, 建立对应关系图, 量化抓斗开度; (3) 抓取料面选取, 通过测量抓斗设定开度下的张开宽度和抓斗一侧长度, 量化抓取面, 再根据抓取面内的网格化数据获取抓取面的三个重要分析指标, 分别为总平均高度、X方向倾斜偏差和Y方向倾斜偏差, 再通过遍历出所有可抓取料面及料面的三个分析指标, 先后利用总平均高度和偏差总和进行排序和筛选, 获取最优的抓取料面; (4) 抓取深度计算, 先依据抓取料面的总平均高度设定一个初始抓取高度, 通过抓取体积精确计算初始抓取重量, 再通过计算初始抓取高度下抓取的重量与计划重量的偏差获取二次修正高度, 得出抓取高度, 实现精准抓料。

[0058] 所述步骤(1)中, 包含以下步骤:

[0059] 步骤S01: 大车前进方向为X轴正向, 小车前进方向为Y轴正向, 主钩起升方向为Z轴正向, 大小车后退极限对应料区拐角地面为原点, 建立料区三维坐标系;

[0060] 步骤S02: 利用3D扫描仪扫描料区, 获取料型在扫描仪坐标系下的三维数据;

[0061] 步骤S03: 标定3D扫描仪设备的扫描头在料区三维坐标系下的三维坐标;

[0062] 步骤S04:根据3D扫描仪的扫描头在料区三维坐标系下的三维坐标,将扫描获取的扫描仪坐标系下的三维数据转换为料区坐标系的三维数据;

[0063] 步骤S05:以原点为基准,X方向200mm,Y方向100mm为单位长度建立料区网格式三维模型,其中X方向转换后从小到大依次定义为 $X_0, X_1, X_1, \dots, X_{\max-1}, X_{\max}$ ,Y方向转换后从小到大依次定义为 $Y_0, Y_1, Y_1, \dots, Y_{\max-1}, Y_{\max}$ ;

[0064] 所述步骤(2)中,包含以下步骤:

[0065] 步骤S06:测量将抓斗完全张开时的角度 $\theta_{\max}$ ,此时的开口度定义为1.0,完全闭合时的开口度定义为0,开口度与角度比例成线性;

[0066] 步骤S07:抓斗额定最大抓取重量定义为 $W_{\max}$ ;

[0067] 步骤S08:根据实际的抓取作业经验,建立抓取重量区间和抓斗开口度的对应关系图

[0068] 抓取重量为0到 $0.05W_{\max}$ ,设置开口度为0.1,张开角度为 $0.1*\theta_{\max}$ ;

[0069] 抓取重量为 $0.05W_{\max}$ 到 $0.1W_{\max}$ 时,设置开口度为0.2,张开角度为 $0.2*\theta_{\max}$ ;

[0070] 抓取重量为 $0.1W_{\max}$ 到 $0.2W_{\max}$ 时,设置开口度为0.25,张开角度为 $0.25*\theta_{\max}$ ;

[0071] 抓取重量为 $0.2W_{\max}$ 到 $0.3W_{\max}$ 时,设置开口度为0.35,张开角度为 $0.35*\theta_{\max}$ ;

[0072] 抓取重量为 $0.3W_{\max}$ 到 $0.4W_{\max}$ 时,设置开口度为0.45,张开角度为 $0.45*\theta_{\max}$ ;

[0073] 抓取重量为 $0.4W_{\max}$ 到 $0.5W_{\max}$ 时,设置开口度为0.6,张开角度为 $0.6*\theta_{\max}$ ;

[0074] 抓取重量为 $0.5W_{\max}$ 到 $0.6W_{\max}$ 时,设置开口度为0.7,张开角度为 $0.7*\theta_{\max}$ ;

[0075] 抓取重量为 $0.6W_{\max}$ 到 $0.7W_{\max}$ 时,设置开口度为0.8,张开角度为 $0.8*\theta_{\max}$ ;

[0076] 抓取重量大于 $0.7W_{\max}$ 时,为防止提升电机过载,禁止抓取;

[0077] 步骤S09:测量不同张开角度下开闭钢丝绳对应的下降量和抓斗的张开宽度;

[0078] 所述步骤(3)中,包含以下步骤:

[0079] 步骤S10:根据抓取重量 $W_{\text{plan}}$ 所在抓取重量区间选择对应抓斗开口度及对应角度 $\theta$ 、开闭钢丝绳的下降量 $L_{\text{down}}$ 、抓斗张开宽度 $L_{\text{width}}$ ;

[0080] 步骤S11:抓斗张开宽度 $L_{\text{width}}$ 方向与X方向平行,以200mm为单位长度进行转换,得出网格式三维模型下的宽度值NumX;

[0081] 步骤S12:测量出抓斗张开宽度方向垂直的抓斗一侧的长度 $L_{\text{length}}$ ,长度方向与Y方向平行,以100mm为单位长度进行转换,得出网格式三维模型下的长度值NumY;

[0082] 步骤S13:抓取料面的横截面是以宽为抓斗张开宽度 $L_{\text{width}}$ 、长为抓斗一侧长度 $L_{\text{length}}$ 的矩形,获取以料区坐标系原点为基准的抓取料面四条边所有网格式三维坐标点的数据,分别为 $(X_0, Y_0)$ 到 $(X_0, Y_{\text{NumY}})$ 、 $(X_{\text{NumX}}, Y_0)$ 到 $(X_{\text{NumX}}, Y_{\text{NumY}})$ 、 $(X_0, Y_0)$ 到 $(X_{\text{NumX}}, Y_0)$ 、 $(X_0, Y_{\text{NumY}})$ 到 $(X_{\text{NumX}}, Y_{\text{NumY}})$ ;

[0083] 步骤S14:获取抓取料面上的所有网格式三维坐标点的高度值,计算抓取料面的总平均高度,定位为 $H_{\text{ave}}$ ;

[0084] 步骤S15:分别计算当前抓取料面四条边的平均高度, $(X_0, Y_0)$ 到 $(X_0, Y_{\text{NumY}})$ 的边高度定义为 $H_{X0}$ 、 $(X_{\text{NumX}}, Y_0)$ 到 $(X_{\text{NumX}}, Y_{\text{NumY}})$ 的边高度定义为 $H_{\text{NumX}}$ 、 $(X_0, Y_0)$ 到 $(X_{\text{NumX}}, Y_0)$ 的边高度定义为 $H_{Y0}$ 、 $(X_0, Y_{\text{NumY}})$ 到 $(X_{\text{NumX}}, Y_{\text{NumY}})$ 的边高度定义为 $H_{\text{NumY}}$ ;

[0085] 步骤S16:计算 $H_{\text{NumX}} - H_{X0}$ 的绝对值 $X_{\text{Dif0}}$ ,将其定义为当前抓取料面X方向的倾斜偏差;

[0086] 步骤S17:计算 $H_{NumY}-H_{Y0}$ 的绝对值 $Y_{Dif0}$ ,将其定义为当前抓取料面Y方向的倾斜偏差;

[0087] 步骤S18:嵌套循环遍历所有可抓取料面的数据,并计算对应料面总平均高度、X方向的倾斜偏差、Y方向的倾斜偏差;

[0088] 步骤S19:按总平均高度由大到小的原则对所有可抓取料面进行排序,取前四分之一的料面数据;

[0089] 步骤S20:去除X方向的倾斜偏差大于300mm的抓料料面数据;

[0090] 步骤S21:去除Y方向的倾斜偏差大于300mm的抓料料面数据;

[0091] 步骤S22:计算剩余抓取料面的X方向的倾斜偏差与去除Y方向的倾斜偏差的和,并按从小到大进行排序,取第一条料面数据作为最终抓取料面;

[0092] 所述步骤(4)中,包含以下步骤:

[0093] 步骤S23:抓斗张开到设定角度,保持开闭钢丝绳不动,支持钢丝绳开始下降,接触到料面后,下降至料面四条边的总平均高度后继续下降150mm,此时结束下降动作,下沉高度为 $H_{ave}-150mm$ ,定义为 $H_{ini}$ ;

[0094] 步骤S24:测量抓斗臂长 $L_{arm}$ ,计算抓斗在高度 $H_{ini}$ 闭合时在该高度截面下方所抓物料

体积为 $\frac{\theta}{360} \times \pi \times L_{arm}^2 \times L_{length} - \frac{1}{2} \times \left[ 2 \times L_{arm} \times \cos\left(90^\circ - \frac{\theta}{2}\right) \right] \times \left[ L_{arm} \times \sin\left(90^\circ - \frac{\theta}{2}\right) \right]$ ,定义为

$V_{sur}$ ,  $\frac{\theta}{360} \times \pi \times L_{arm}^2 \times L_{length}$  为扇形柱体,  $\frac{1}{2} \times \left[ 2 \times L_{arm} \times \cos\left(90^\circ - \frac{\theta}{2}\right) \right] \times \left[ L_{arm} \times \sin\left(90^\circ - \frac{\theta}{2}\right) \right]$

为三棱柱;

[0095] 步骤S25:获取抓取料面内所有点的坐标及高度值,计算单位长度为1的网格四个顶点的高度总平均值 $H_{unit}$ ,将该高度定义为该单位网格的料面高度;

[0096] 步骤S26:计算单位网格内抓斗在高度 $H_{ini}$ 之上可抓物料体积 $100 \times 200 \times (H_{unit} - H_{ini})$ ,定义为 $V_{unit}$ ;

[0097] 步骤S27:将抓取料面内所有单位网格的体积进行累加,获得在高度 $H_{ini}$ 之上可抓物料体积总和 $V_{sum}$ ;

[0098] 步骤S28:在高度 $H_{ini}$ 抓斗可抓物料的总重量为 $(V_{sur} + V_{sum}) \times \rho$ ,定义为 $W_{ini}$ ,其中 $\rho$ 为物料的密度;

[0099] 步骤S29:在高度 $H_{ini}$ 抓斗可抓物料的总重量与计划重量偏差为 $W_{ini} - W_{plan}$ ,定义为 $W_{offset}$ ,转换为体积 $\frac{W_{offset}}{\rho}$ ,定义为 $V_{offset}$ ,其中 $\rho$ 为物料的密度;

[0100] 步骤S30:抓斗需要二次下沉或上升的高度为 $\frac{V_{offset}}{L_{width} \times L_{length}}$ ,定义为 $H_{offset}$ ,其中

$L_{width} \times L_{length}$ 为抓斗抓取面的面积,由此得出抓斗抓取高度为 $H_{ini} - H_{offset}$ 。

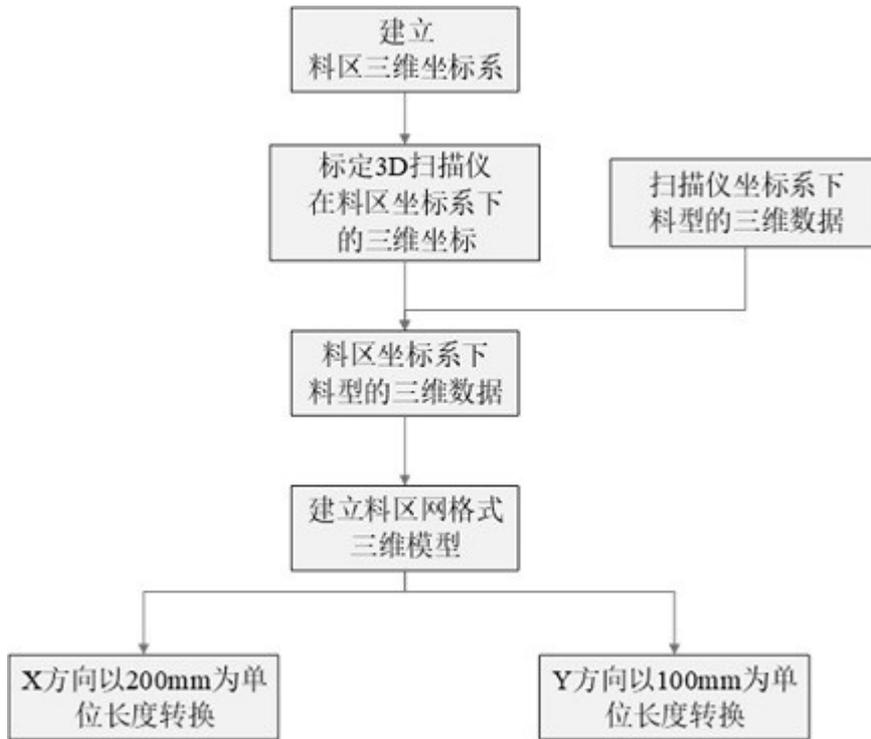


图1



图2

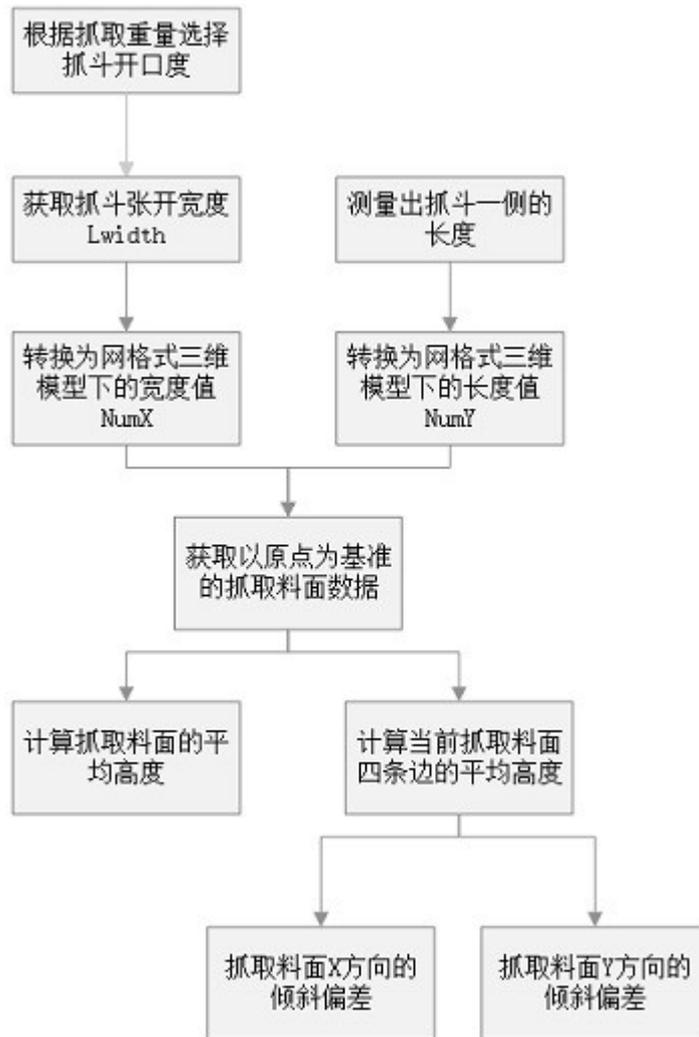


图3

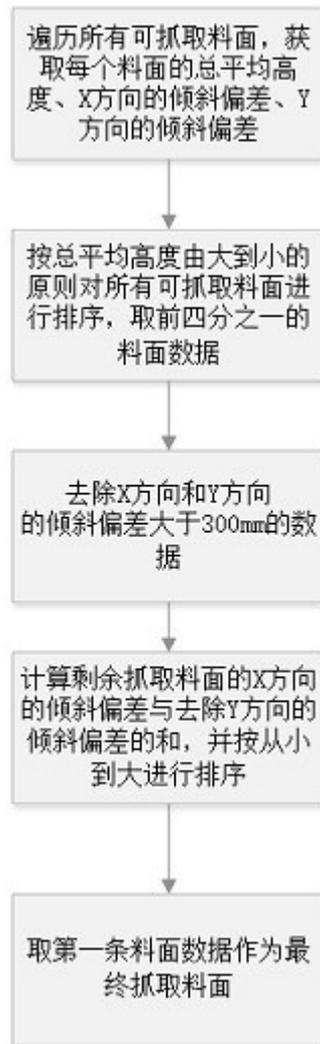


图4

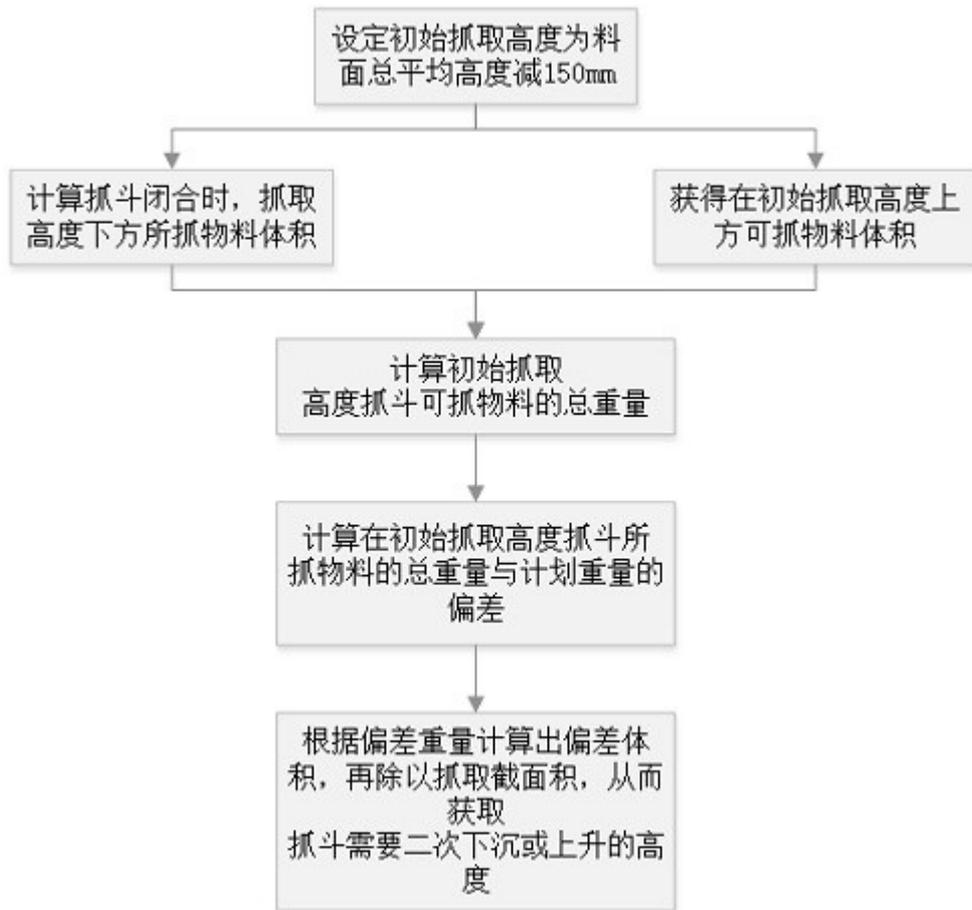


图5