



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108256270 A

(43)申请公布日 2018.07.06

(21)申请号 201810163948.7

(22)申请日 2018.02.27

(71)申请人 厦门力祺环境工程有限公司
地址 361000 福建省厦门市同安工业集中区思明园168号第三层

(72)发明人 王嘉智

(51)Int. Cl.
G06F 17/50(2006.01)

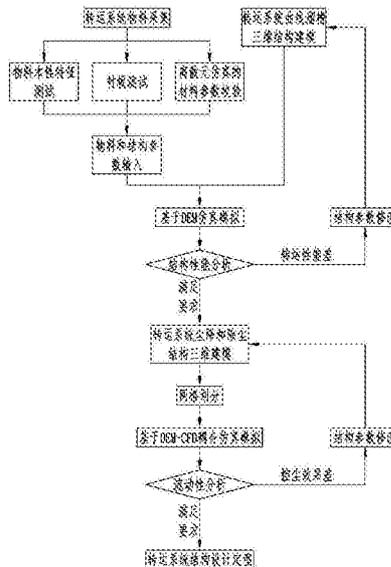
权利要求书4页 说明书8页 附图9页

(54)发明名称

基于物料测试和DEM-CFD仿真输煤转运系统结构设计定型方法

(57)摘要

基于物料测试和DEM-CFD仿真输煤转运系统结构设计定型方法以物料测试为基础,通过离散元方法(DEM)仿真模拟以及离散元方法(DEM)-计算流体动力学(CFD)耦合仿真模拟,在设备被加工制造之前对输煤转运系统的结构进行系统性能分析,对设计方案的性能进行验证,帮助设计师寻找设备的潜在问题,最终确定最佳设计方案。



1. 基于物料测试和DEM-CFD仿真输煤转运系统结构设计定型方法,其特征在于:包括以下步骤:

(1) 对转运系统的物料进行采集,这里的采集包括物料本性特征测试、衬板测试、离散元仿真的材料参数校验

(2) 采用CAD软件SolidWorks建立转运系统上下转运皮带、卸料滚筒和曲线溜槽几何模型——转运系统曲线溜槽三维结构模型

(3) 将采集好的物料和结构的数据以及转运系统曲线溜槽三维结构模型输入EDEM软件中,根据物料及衬板测试校验参数,建立物料颗粒工厂、物料间参数关系、物料与设备之间的参数关系,进行基于DEM的离散元方法仿真模拟

(4) 根据步骤(3)中得到的仿真结果同时结合溜槽设计准则对转运系统曲线溜槽三维结构模型进行结构性的分析判断,得到转运系统曲线溜槽三维结构模型是否符合要求,如果满足要求则进入步骤(5),若转运性能差不满足要求则返回步骤(2)进行模型参数的修改并重新建模

(5) 在转运系统上下转运皮带、卸料滚筒和曲线溜槽几何模型基础上采用CAD软件SolidWorks建立受料皮带导料槽和除尘罩几何模型——转运系统尘降和除尘结构三维模型

(6) 采用ANSYS ICEM CFD六面体结构化网格生产软件对转运系统三维模型进行网格划分

(7) 对离散元软件EDEM和计算流体动力学软件Fluent参数及耦合接口设置并导入网格模型,对转运系统三维模型进行基于离散元方法(DEM)-计算流体动力学(CFD)耦合仿真模拟

(8) 根据步骤(7)中得到的仿真结果结合控尘设计准则对转运系统尘降和除尘结构三维模型进行流动性分析判断得到转运系统尘降和除尘结构三维模型是否满足要求,如果转运系统尘降和除尘结构三维模型满足要求,则转运系统结构设计定型,如果该三维模型无法满足要求,控尘效果差,则返回步骤(5),进行结构参数的修改并重新建立转运系统尘降和除尘结构三维模型。

2. 根据权利要求1所述的基于物料测试和DEM-CFD仿真输煤转运系统结构设计定型方法,其特征在于:所述步骤(1)中的物料本性特征测试具体为根据国家标准测试物料的含水率、堆积密度、真实密度、安息角、颗粒形状特征、粒度和颗粒组成;所述步骤(1)中的衬板测试具体为衬板磨损实验和衬板冲击磨损实验;所述衬板磨损实验是为了评估不同的内衬材料的磨损性能,物料与衬板在水平圆磨损试验机上可进行时间测试;为了确定确切的磨损性能,对每个磨损衬板样品的重量损失进行监测,并可以转化为估计的预期寿命;所述衬板冲击磨损实验是为了评估不同的内衬材料的抗冲击磨损性能,物料与衬板在垂直圆磨损试验机上可进行时间测试;为了确定确切的磨损性能,每个磨损衬板样品的重量损失进行监测,并可以转化为估计的预期寿命;将衬板磨损实验和衬板冲击磨损实验实验结果结合EDEM软件仿真的磨损分析选择合理的满足实际工况的衬板材料。

3. 根据权利要求1所述的基于物料测试和DEM-CFD仿真输煤转运系统结构设计定型方法,其特征在于:所述步骤(1)的离散元仿真的材料参数校验具体为:包括离散元仿真的材料参数获取和参数校验;所述离散元仿真的材料参数包括碰撞恢复系数、静摩擦系数、滚动

摩擦系数和JKR模型的能量密度;这些参数主要是在物料与物料之间、物料与设备之间;通过设计合适的实验平台与仿真虚拟实验进行标定;如:自由下落实验、坍塌实验、滑板实验;所述离散元仿真的材料参数校验保证仿真结果的准确性,确保仿真能够代表真实世界的物料流动行为;在仿真和真实世界之间建立联系的关键就是离散元仿真的材料参数校验。

4. 根据权利要求1所述的基于物料测试和DEM-CFD仿真输煤转运系统设计定型方法,其特征在于:所述离散元方法仿真模拟具体为:

(1) 几何模型建立

采用CAD软件SolidWorks建立转运系统上下转运皮带、卸料滚筒和曲线溜槽几何模型

(2) 设置材料和定义颗粒

设置设备及物料颗粒的材料本征参数,接触模型选择Hertz-Mindlin模型,根据离散元仿真的材料参数校验设置物料之间以及物料与设备之间的基本接触参数和接触模型参数;定义颗粒的形状特征及粒度分布

(3) 定义几何模型运动特征

导入几何模型,定义皮带、滚筒和曲线溜槽的材料及运动特征

(4) 设置颗粒工厂

根据皮带输送量、带速在卸料皮带头部设置颗粒工厂

(5) 对输煤转运系统进行离散元仿真求解

设置仿真时间及保存时间间隔,对输煤转运系统方案几何模型进行离散元仿真求解

(6) EDEM后处理。

5. 根据权利要求1所述的基于物料测试和DEM-CFD仿真输煤转运系统设计定型方法,其特征在于:所述离散元方法(DEM)-计算流体动力学(CFD)耦合仿真模拟具体为:

(1) 几何模型建立

在转运系统上下转运皮带、卸料滚筒和曲线溜槽几何模型基础上采用CAD软件SolidWorks建立受料皮带导料槽和除尘罩几何模型

(2) 网格划分

采用ANSYS ICEM CFD六面体结构化网格生产软件对输煤系统几何模型进行网格划分

(3) EDEM中设置仿真参数

参照离散元方法(DEM)仿真模拟具体步骤;最后打开耦合接口;

(4) Fluent中设置仿真参数及边界条件

湍流模型选用Realizable k-epsilon/Standard wall functions;卸料皮带头部护罩设置为速度入口,导料槽出口和除尘罩设置为压力出口;受料皮带单独设置为WALL边界条件,并在求解时设置其运动速度

(5) 设置耦合参数

耦合模型采用Eulerian-Eulerian,曳力模型采用Ergun and Wen&Yu,定义材料物性为空气,设置松弛因子

(6) 设置时间

Fluent的时间步长应该为EDEM的时间步长的整数倍

(7) 对输煤转运系统进行离散元方法(DEM)-计算流体动力学(CFD)耦合仿真模拟求解

(8) Fluent后处理

过程中EDEM软件负责颗粒的运行轨迹计算,FLUENT软件负责计算流体流场,两者在耦合模型中进行质量、动量和能量等信息的双向传递,从而实现耦合。

6. 根据权利要求1所述的基于物料测试和DEM-CFD仿真输煤转运系统设计定型方法,其特征在于:所述步骤(4)中的溜槽设计准则具体为:

(1)管理物料流

关键步骤是通过溜槽管理物料流,尽量减小物料流对曲线溜槽壁冲击的角度和力量,减少冲击产生的粉尘,同时尽可能保持动量,理论上,冲击角度不能超过15至20度

(2)控制物料速度

如果物料的速度太高意味着更高的磨损;如果物料的速度太低,粘性物料可能积料并堵塞;因此,针对所处理的物料合理控制物料速度是关键;理论上,速度控制在5m/s~10m/s,根据实际物料特性进行适当调整

(3)确保足够的横截面面积

根据输送带的设计能力和物料在溜槽内的速度,过流系数即曲线溜槽的截面积S至少是物料流截面积 S_1 的2.5到4倍

$$\text{物料流截面积: } S_1 = \frac{Q}{3.6 \times \rho \times v}$$

Q: 皮带机输送运量 t/h;

ρ : 被输送散装物料的堆积密度 kg/m^3 ;

v: 溜槽横截面处的平均物料速度 m/s;

$$\text{过流系数为: } X = \frac{S}{S_1} = 2.5 \sim 4;$$

(4)物料获得与下游皮带运行方向基本相同的分速度并集中加载到下游皮带;

物料在重力的作用下集中于槽型溜槽底板,物料加载到下游皮带前后具有相同或相似截面形状,物料与受料皮带重心重合并集中加载避免落料不居中造成受料皮带跑偏;物料同时获得与下游皮带运行方向相同的分速度,减少物料与受料皮带之间的带速差,降低对受料皮带的冲击,提高皮带运行效率,成为节能转运的设计因素,并最大程度减少了物料与皮带之间的相对运动,减轻皮带的磨损,提高了皮带的使用寿命

物料在卸料口处的水平分速度: $V_{\alpha} = V_b \times \cos(\theta^\circ)$

其中: V_b : 物料卸料速度 m/s;

θ° : 物料冲击皮带的速度方向与水平方向的夹角;

物料在卸料口处的水平分速度 V_{α} 基本满足在受料皮带速度 V_b ($1 \pm 10\%$) 的范围。

7. 根据权利要求1所述的基于物料测试和DEM-CFD仿真输煤转运系统设计定型方法,其特征在于:所述步骤(8)中的控尘设计准则具体为:

(1)管理物料流最大程度地减少物料流所携带的混入空气

转运曲线溜槽将物料以紧密而连贯的物料流形式采用非常小的冲击角度在槽型溜槽内滑动,物料流隔断了冲击点上方的气流,通过控制物料的流动有效的控制了诱导风,使溜槽内形成较稳定且较小的气压,源头上最大程度地减少物料流所携带的混入空气

(2)合理设计沉降区结构优化含尘空气的稳定以及浮尘的沉积

合理设计导料槽长度和高度以及内部迷宫式挡帘,来稳定气流并降低气流速度,控制

导料槽出口风速在1m/s以内;并使气流在导料槽内形成旋涡,具有更多的时间在导料槽腔体内停留,从而使浮尘脱离空气沉积下来,大部分粉尘将返回至主要物料层上

(3) 消减导料槽落料点处产生的正压控制粉尘外溢

通过落料点前方设置除尘器,消减导料槽落料点处产生的正压,保证大粒径粉尘在导料槽内沉降、小粒径粉尘颗粒被吸入到除尘器,粉尘颗粒在导料槽出口处无扩散;除尘器的负压不可太大,以能够消除导料槽落料点处产生的正压为原则,为除尘器风量选择提供依据;

(4) 控制导料槽出口粉尘浓度

最终把导料槽出口处煤尘中游离二氧化硅含量控制在10%以下,工作地点空气中总含尘浓度为:时间加权平均容许浓度不大于 $4\text{mg}/\text{m}^3$,短时间接触容许浓度不大于 $6\text{mg}/\text{m}^3$,以达到国家环保要求。

基于物料测试和DEM-CFD仿真输煤转运系统结构设计定型方法

技术领域

[0001] 本发明属于散装物料输送技术领域,具体涉及基于物料测试和DEM-CFD仿真输煤转运系统结构设计定型方法。

背景技术

[0002] 输煤转运系统中存在的问题基本上是结构设计缺陷造成的;传统设计中,转运系统的设备如“头部漏斗、溜槽和导料槽等”是根据《D T II型固定式带式输送机设计选用手册》进行选型,除尘器的设备选型根据经验公式计算确认;传统转运系统设计不考虑输送介质特性、物料抛出轨迹,在皮带机卸载点扔出不可控制的物料流并任由其以散开状落下,空气穿过物料流时会分散并夹带细小的粉尘颗粒,形成大量粉尘飞扬;溜槽的设计基本都是转角设计和垂直落料,容易造成物料在溜槽内速度过快冲击力大,溜槽磨损严重且容易积料甚至堵料;在落料点物料对受料皮带冲击大,容易造成物料落料不正最终导致皮带跑偏;导料槽粉尘外溢严重,转运系统环境粉尘浓度超标,严重影响操作人员的身心健康;在输煤转运系统中80%以上的停机是由于转运系统维护造成的,严重影响转运系统的运行效率,并造成不必要的经济损失。

发明内容

[0003] 针对现有技术的不足,本发明的目的是提供一种针对输煤转运系统结构设计定型从输送介质开始考虑,并了解物料流和管理物料流,通过科学管理物料流进而影响控制空气流,基于物料测试和DEM-CFD仿真对物料流和空气流进行系统分析,并对输煤转运系统的结构设计进行定型的方法。

[0004] 基于物料测试和DEM-CFD仿真输煤转运系统结构设计定型方法包括以下步骤:

(1)对转运系统的物料进行采集,这里的采集包括物料本性特征测试、衬板测试、离散元仿真的材料参数校验

(2)采用CAD软件SolidWorks建立转运系统上下转运皮带、卸料滚筒和曲线溜槽几何模型——转运系统曲线溜槽三维结构模型

(3)将采集好的物料和结构的数据以及转运系统曲线溜槽三维结构模型输入EDEM软件中,根据物料及衬板测试校验参数,建立物料颗粒工厂、物料间参数关系、物料与设备之间的参数关系,进行基于DEM的离散元方法仿真模拟

(4)根据步骤(3)中得到的仿真结果同时结合溜槽设计准则对转运系统曲线溜槽三维结构模型进行结构性的分析判断,得到转运系统曲线溜槽三维结构模型是否符合要求,如果满足要求则进入步骤(5),若转运性能差不满足要求则返回步骤(2)进行模型参数的修改并重新建模

(5)在转运系统上下转运皮带、卸料滚筒和曲线溜槽几何模型基础上采用CAD软件SolidWorks建立受料皮带导料槽和除尘罩几何模型——转运系统尘降和除尘结构三维模

型

(6) 采用ANSYS ICEM CFD六面体结构化网格生产软件对转运系统三维模型进行网格划分

(7) 对离散元软件EDEM和计算流体动力学软件Fluent参数及耦合接口设置并导入网格模型,对转运系统三维模型进行基于离散元方法(DEM)-计算流体动力学(CFD)耦合仿真模拟

(8) 根据步骤(7)中得到的仿真结果结合控尘设计准则对转运系统尘降和除尘结构三维模型进行流动性分析判断得到转运系统尘降和除尘结构三维模型是否满足要求,如果转运系统尘降和除尘结构三维模型满足要求,则转运系统结构设计定型,如果该三维模型无法满足要求,控尘效果差,则返回步骤(5),进行结构参数的修改并重新建立转运系统尘降和除尘结构三维模型。

[0005] 进一步,所述步骤(1)中的物料本性特征测试具体为根据国家标准测试物料的含水率、堆积密度、真实密度、安息角、颗粒形状特征、粒度和颗粒组成;所述步骤(1)中的衬板测试具体为衬板磨损实验和衬板冲击磨损实验;所述衬板磨损实验是为了评估不同的内衬材料的磨损性能,物料与衬板在水平圆磨损试验机上可进行时间测试;为了确定确切的磨损性能,对每个磨损衬板样品的重量损失进行监测,并可以转化为估计的预期寿命;所述衬板冲击磨损实验是为了评估不同的内衬材料的抗冲击磨损性能,物料与衬板在垂直圆磨损试验机上可进行时间测试;为了确定确切的磨损性能,每个磨损衬板样品的重量损失进行监测,并可以转化为估计的预期寿命;将衬板磨损实验和衬板冲击磨损实验实验结果结合EDEM软件仿真的磨损分析选择合理的满足实际工况的衬板材料。

[0006] 进一步,所述步骤(1)的离散元仿真的材料参数校验具体为:包括离散元仿真的材料参数获取和参数校验;所述离散元仿真的材料参数包括碰撞恢复系数、静摩擦系数、滚动摩擦系数和JKR模型的能量密度;这些参数主要是在物料与物料之间、物料与设备之间;通过设计合适的实验平台与仿真虚拟实验进行标定;如:自由下落实验、坍塌实验、滑板实验;所述离散元仿真的材料参数校验保证仿真结果的准确性,确保仿真能够代表真实世界的物料流动行为。在仿真和真实世界之间建立联系的关键就是离散元仿真的材料参数校验。

[0007] 进一步,所述离散元方法仿真模拟具体为:

(1) 几何模型建立

采用CAD软件SolidWorks建立转运系统上下转运皮带、卸料滚筒和曲线溜槽几何模型;

(2) 设置材料和定义颗粒

设置设备及物料颗粒的材料本征参数,接触模型选择Hertz-Mindlin模型,根据离散元仿真的材料参数校验设置物料之间以及物料与设备之间的基本接触参数和接触模型参数;定义颗粒的形状特征及粒度分布;

(3) 定义几何模型运动特征

导入几何模型,定义皮带、滚筒和曲线溜槽的材料及运动特征;

(4) 设置颗粒工厂

根据皮带输送量、带速在卸料皮带头部设置颗粒工厂;

(5) 对输煤转运系统进行离散元仿真求解;

设置仿真时间及保存时间间隔,对输煤转运系统方案几何模型进行离散元仿真求解;

(6) EDEM后处理。

[0008] 进一步,所述离散元方法 (DEM)-计算流体动力学 (CFD) 耦合仿真模拟具体为:

(1) 几何模型建立

在转运系统上下转运皮带、卸料滚筒和曲线溜槽几何模型基础上采用CAD软件SolidWorks建立受料皮带导料槽和除尘罩几何模型;

(2) 网格划分

采用ANSYS ICEM CFD六面体结构化网格生产软件对输煤系统几何模型进行网格划分;

(3) EDEM中设置仿真参数

参照离散元方法 (DEM) 仿真模拟具体步骤;最后打开耦合接口;

(4) Fluent中设置仿真参数及边界条件

湍流模型选用Realizable k-epsilon/Standard wall functions;卸料皮带头部护罩设置为速度入口,导料槽出口和除尘罩设置为压力出口;受料皮带单独设置为WALL边界条件,并在求解时设置其运动速度;

(5) 设置耦合参数

耦合模型采用Eulerian-Eulerian,曳力模型采用Ergun and Wen&Yu,定义材料物性为空气,设置松弛因子;

(6) 设置时间

Fluent的时间步长应该为EDEM的时间步长的整数倍;

(7) 对输煤转运系统进行离散元方法 (DEM)-计算流体动力学 (CFD) 耦合仿真模拟求解;

(8) Fluent后处理;

过程中EDEM软件负责颗粒的运行轨迹计算,FLUENT软件负责计算流体流场,两者在耦合模型中进行质量、动量和能量等信息的双向传递,从而实现耦合。

[0009] 进一步,所述步骤(4)中的溜槽设计准则具体为:

(1) 管理物料流

关键步骤是通过溜槽管理物料流。尽量减小物料流对曲线溜槽壁冲击的角度和力量,减少冲击产生的粉尘,同时尽可能保持动量。理论上,冲击角度不能超过15至20度;

(2) 控制物料速度

如果物料的速度太高意味着更高的磨损;如果物料的速度太低,粘性物料可能积料并堵塞。因此,针对所处理的物料合理控制物料速度是关键。理论上,速度控制在5m/s~10m/s,根据实际物料特性进行适当调整;

(3) 确保足够的横截面面积

根据输送带的设计能力和物料在溜槽内的速度,过流系数即曲线溜槽的截面积S至少是物料流截面积 S_1 的2.5到4倍

$$\text{物料流截面积: } S_1 = \frac{Q}{3.6 \times \rho \times v}$$

Q: 皮带机输送运量 t/h;

ρ : 被输送散装物料的堆积密度 kg/m^3 ;

v: 溜槽横截面处的平均物料速度 m/s;

过流系数为： $\alpha = \frac{S}{S_1} = 2.5 \sim 4$

(4) 物料获得与下游皮带运行方向基本相同的分速度并集中加载到下游皮带；

物料在重力的作用下集中于槽型溜槽底板，物料加载到下游皮带前后具有相同或相似截面形状，物料与受料皮带重心重合并集中加载避免落料不居中造成受料皮带跑偏；物料同时获得与下游皮带运行方向相同的分速度，减少物料与受料皮带之间的带速差，降低对受料皮带的冲击，提高皮带运行效率，成为节能转运的设计因素，并最大程度减少了物料与皮带之间的相对运动，减轻皮带的磨损，提高了皮带的使用寿命

物料在卸料口处的水平分速度： $V_{ax} = V_a \times \cos(\theta^\circ)$

其中： V_a ：物料卸料速度 m/s；

θ° ：物料冲击皮带的速度方向与水平方向的夹角；

物料在卸料口处的水平分速度 V_{ax} 基本满足在受料皮带速度 V_b ($1 \pm 10\%$) 的范围。

[0010] 进一步，所述步骤(8)中的控尘设计准则具体为：

(1) 管理物料流最大程度地减少物料流所携带的混入空气

转运曲线溜槽将物料以紧密而连贯的物料流形式采用非常小的冲击角度在槽型溜槽内滑动，物料流隔断了冲击点上方的气流，通过控制物料的流动有效的控制了诱导风，使溜槽内形成较稳定且较小的气压，源头上最大程度地减少物料流所携带的混入空气；

(2) 合理设计沉降区结构优化含尘空气的稳定以及浮尘的沉积

合理设计导料槽长度和高度以及内部迷宫式挡帘，来稳定气流并降低气流速度，控制导料槽出口风速在 1m/s 以内；并使气流在导料槽内形成旋涡，具有更多的时间在导料槽腔体内停留，从而使浮尘脱离空气沉积下来，大部分粉尘将返回至主要物料层上；

(3) 消减导料槽落料点处产生的正压控制粉尘外溢

通过落料点前方设置除尘器，消减导料槽落料点处产生的正压，保证大粒径粉尘在导料槽内沉降、小粒径粉尘颗粒被吸入到除尘器，粉尘颗粒在导料槽出口处无扩散；除尘器的负压不可太大，以能够消除导料槽落料点处产生的正压为原则，为除尘器风量选择提供依据；

(4) 控制导料槽出口粉尘浓度

最终把导料槽出口处煤尘中游离二氧化硅含量控制在 10% 以下，工作地点空气中总含尘浓度为：时间加权平均容许浓度不大于 $4\text{mg}/\text{m}^3$ ，短时间接触容许浓度不大于 $6\text{mg}/\text{m}^3$ ，以达到国家环保要求。

[0011] 本发明的有益效果：

本发明对输煤转运系统的结构提供设计定型方法，以物料测试为基础，通过离散元方法 (DEM) 仿真模拟以及离散元方法 (DEM)-计算流体动力学 (CFD) 耦合仿真模拟，在设备被加工制造之前对输煤转运系统的结构进行系统性能分析，对设计方案的性能进行验证，帮助设计师寻找设备的潜在问题，最终确定最佳设计方案。

附图说明

[0012] 图1是本发明方法的流程示意图；

图2是本发明方法溜槽内物料以“液状流”形式滑动的EDEM离散元仿真截图；

图3是本发明方法溜槽内控制物料冲击角度结构示意图；
图4是本发明方法溜槽内控制物料速度的EDEM离散元仿真截图；
图5是本发明方法溜槽过流系数示意图；
图6是本发明方法溜槽给料末端速度分解示意图；
图7是本发明方法输煤转运系统气流速度矢量分布图；
图8是本发明方法导料槽长度方向俯视气流速度矢量分布图；
图9是本发明方法输煤转运系统尘降及除尘结构示意图；
图10是本发明方法输煤转运系统结构设计定型结构示意图。

具体实施方式

[0013] 基于物料测试和DEM-CFD仿真输煤转运系统结构设计定型方法(如图1所示)包括以下步骤:

(1)对转运系统的物料进行采集,这里的采集包括物料本性特征测试、衬板测试、离散元仿真的材料参数校验

(2)采用CAD软件SolidWorks建立转运系统上下转运皮带、卸料滚筒和曲线溜槽几何模型——转运系统曲线溜槽三维结构模型

(3)将采集好的物料和结构的数据以及转运系统曲线溜槽三维结构模型输入EDEM软件中,根据物料及衬板测试校验参数,建立物料颗粒工厂、物料间参数关系、物料与设备之间的参数关系,进行基于DEM的离散元方法仿真模拟

(4)根据步骤(3)中得到的仿真结果同时结合溜槽设计准则对转运系统曲线溜槽三维结构模型进行结构性的分析判断,得到转运系统曲线溜槽三维结构模型是否符合要求,如果满足要求则进入步骤(5),若转运性能差不满足要求则返回步骤(2)进行模型参数的修改并重新建模

(5)在转运系统上下转运皮带、卸料滚筒和曲线溜槽几何模型基础上采用CAD软件SolidWorks建立受料皮带导料槽和除尘罩几何模型——转运系统尘降和除尘结构三维模型

(6)采用ANSYS ICEM CFD六面体结构化网格生产软件对转运系统三维模型进行网格划分

(7)对离散元软件EDEM和计算流体动力学软件Fluent参数及耦合接口设置并导入网格模型,对转运系统三维模型进行基于离散元方法(DEM)-计算流体动力学(CFD)耦合仿真模拟

(8)根据步骤(7)中得到的仿真结果结合控尘设计准则对转运系统尘降和除尘结构三维模型进行流动性分析判断得到转运系统尘降和除尘结构三维模型是否满足要求,如果转运系统尘降和除尘结构三维模型满足要求,则转运系统结构设计定型,如果该三维模型无法满足要求,控尘效果差,则返回步骤(5),进行结构参数的修改并重新建立转运系统尘降和除尘结构三维模型。

[0014] 所述步骤(1)中的物料本性特征测试具体为根据国家标准测试物料的含水率、堆积密度、真实密度、安息角、颗粒形状特征、粒度和颗粒组成;所述步骤(1)中的衬板测试具体为衬板磨损实验和衬板冲击磨损实验;所述衬板磨损实验是为了评估不同的内衬材料的

磨损性能,物料与衬板在水平圆磨损试验机上可进行时间测试;为了确定确切的磨损性能,对每个磨损衬板样品的重量损失进行监测,并可以转化为估计的预期寿命;所述衬板冲击磨损实验是为了评估不同的内衬材料的抗冲击磨损性能,物料与衬板在垂直圆磨损试验机上可进行时间测试;为了确定确切的磨损性能,每个磨损衬板样品的重量损失进行监测,并可以转化为估计的预期寿命;将衬板磨损实验和衬板冲击磨损实验实验结果结合EDEM软件仿真的磨损分析选择合理的满足实际工况的衬板材料。

[0015] 所述步骤(1)的离散元仿真的材料参数校验具体为:包括离散元仿真的材料参数获取和参数校验;所述离散元仿真的材料参数包括碰撞恢复系数、静摩擦系数、滚动摩擦系数和JKR模型的能量密度;这些参数主要是在物料与物料之间、物料与设备之间;通过设计合适的实验平台与仿真虚拟实验进行标定;如:自由下落实验、坍塌实验、滑板实验;所述离散元仿真的材料参数校验保证仿真结果的准确性,确保仿真能够代表真实世界的物料流动行为。在仿真和真实世界之间建立联系的关键就是离散元仿真的材料参数校验。

[0016] 所述离散元方法仿真模拟具体为:

(1)几何模型建立

采用CAD软件SolidWorks建立转运系统上下转运皮带、卸料滚筒和曲线溜槽几何模型;

(2)设置材料和定义颗粒

设置设备及物料颗粒的材料本征参数,接触模型选择Hertz-Mindlin模型,根据离散元仿真的材料参数校验设置物料之间以及物料与设备之间的基本接触参数和接触模型参数;定义颗粒的形状特征及粒度分布;

(3)定义几何模型运动特征

导入几何模型,定义皮带、滚筒和曲线溜槽的材料及运动特征;

(4)设置颗粒工厂

根据皮带输送量、带速在卸料皮带头部设置颗粒工厂;

(5)对输煤转运系统进行离散元仿真求解

设置仿真时间及保存时间间隔,对输煤转运系统方案几何模型进行离散元仿真求解;

(6)EDEM后处理。

[0017] 所述离散元方法(DEM)-计算流体动力学(CFD)耦合仿真模拟具体为:

(1)几何模型建立

在转运系统上下转运皮带、卸料滚筒和曲线溜槽几何模型基础上采用CAD软件SolidWorks建立受料皮带导料槽和除尘罩几何模型;

(2)网格划分

采用ANSYS ICEM CFD六面体结构化网格生产软件对输煤系统几何模型进行网格划分;

(3)EDEM中设置仿真参数

参照离散元方法(DEM)仿真模拟具体步骤;最后打开耦合接口;

(4)Fluent中设置仿真参数及边界条件

湍流模型选用Realizable k-epsilon/Standard wall functions;卸料皮带头部护罩设置为速度入口,导料槽出口和除尘罩设置为压力出口;受料皮带单独设置为WALL边界条件,并在求解时设置其运动速度;

(5)设置耦合参数

耦合模型采用Eulerian-Eulerian,曳力模型采用Ergun and Wen&Yu,定义材料物性为空气,设置松弛因子;

(6) 设置时间

Fluent的时间步长应该为EDEM的时间步长的整数倍;

(7) 对输煤转运系统进行离散元方法 (DEM)-计算流体力学 (CFD) 耦合仿真模拟求解;

(8) Fluent后处理;

过程中EDEM软件负责颗粒的运行轨迹计算,FLUENT软件负责计算流体流场,两者在耦合模型中进行质量、动量和能量等信息的双向传递,从而实现耦合。

[0018] 所述步骤(4)中的溜槽设计准则具体为:

(1) 管理物料流

关键步骤是通过溜槽管理物料流。尽量减小物料流对曲线溜槽壁冲击的角度和力量,减少冲击产生的粉尘,同时尽可能保持动量。理论上,冲击角度不能超过15至20度;

(2) 控制物料速度

如果物料的速度太高意味着更高的磨损;如果物料的速度太低,粘性物料可能积料并堵塞。因此,针对所处理的物料合理控制物料速度是关键。理论上,速度控制在5m/s~10m/s,根据实际物料特性进行适当调整;

(3) 确保足够的横截面面积

根据输送带的设计能力和物料在溜槽内的速度,过流系数即曲线溜槽的截面积S至少是物料流截面积S₁的2.5到4倍;

$$\text{物料流截面积: } S_1 = \frac{Q}{3.6 \times \rho \times v}$$

Q: 皮带机输送运量 t/h;

ρ : 被输送散装物料的堆积密度 kg/m³;

v: 溜槽横截面处的平均物料速度 m/s;

$$\text{过流系数为: } X = \frac{S}{S_1} = 2.5 \sim 4;$$

(4) 物料获得与下游皮带运行方向基本相同的分速度并集中加载到下游皮带;

物料在重力的作用下集中于槽型溜槽底板,物料加载到下游皮带前后具有相同或相似截面形状,物料与受料皮带重心重合并集中加载避免落料不居中造成受料皮带跑偏;物料同时获得与下游皮带运行方向相同的分速度,减少物料与受料皮带之间的带速差,降低对受料皮带的冲击,提高皮带运行效率,成为节能转运的设计因素,并最大程度减少了物料与皮带之间的相对运动,减轻皮带的磨损,提高了皮带的使用寿命;

物料在卸料口处的水平分速度: $V_{\alpha} = V_0 \times \cos(\theta^\circ)$

其中: V_0 : 物料卸料速度 m/s;

θ° : 物料冲击皮带的速度方向与水平方向的夹角;

物料在卸料口处的水平分速度 V_{α} 基本满足在受料皮带速度 V_b (1±10%) 的范围。

[0019] 所述步骤(8)中的控尘设计准则具体为:

(1) 管理物料流最大程度地减少物料流所携带的混入空气

转运曲线溜槽将物料以紧密而连贯的物料流形式采用非常小的冲击角度在槽型溜槽

内滑动,物料流隔断了冲击点上方的气流,通过控制物料的流动有效的控制了诱导风,使溜槽内形成较稳定且较小的气压,源头上最大程度地减少物料流所携带的混入空气

(2) 合理设计沉降区结构优化含尘空气的稳定以及浮尘的沉积

合理设计导料槽长度和高度以及内部迷宫式挡帘,来稳定气流并降低气流速度,控制导料槽出口风速在1m/s以内;并使气流在导料槽内形成旋涡,具有更多的时间在导料槽腔体内停留,从而使浮尘脱离空气沉积下来,大部分粉尘将返回至主要物料层上

(3) 消减导料槽落料点处产生的正压控制粉尘外溢

通过落料点前方设置除尘器,消减导料槽落料点处产生的正压,保证大粒径粉尘在导料槽内沉降、小粒径粉尘颗粒被吸入到除尘器,粉尘颗粒在导料槽出口处无扩散;除尘器的负压不可太大,以能够消除导料槽落料点处产生的正压为原则,为除尘器风量选择提供依据

(4) 控制导料槽出口粉尘浓度

最终把导料槽出口处煤尘中游离二氧化硅含量控制在10%以下,工作地点空气中总含尘浓度为:时间加权平均容许浓度不大于 $4\text{mg}/\text{m}^3$,短时间接触容许浓度不大于 $6\text{mg}/\text{m}^3$,以达到国家环保要求。

[0020] 下面结合一实施例来说明一下:

实施例1:

具体工况如下:

带宽: $B=1800\text{mm}$,落料点:1个,落料高度:18m,带速: $3.5\text{m}/\text{s}$,

额定出力: $3000\text{t}/\text{h}$;最大出力: $3600\text{t}/\text{h}$

煤块:最大250mm

煤种:(1)煤种采用神府东胜煤,校核煤种采用伊泰4号煤(2)印尼褐煤

溜槽外壳采用8mm厚Q235B钢板制作,溜槽冲击面内衬采用高铬双金属耐磨复合钢板总厚度不低于24mm(12mm+12mm),基体为12mm厚Q235B钢板,堆焊厚度不小于12mm;表面硬度为HRC58-60,含碳量(C)不低于4-5%,含铬(Cr)量不低于30%;溜槽磨损面内衬采用不小于25mm厚纯陶瓷, Al_2O_3 含量:92%以上;莫氏硬度:8以上;比重: $3.5\text{g}/\text{cm}^3$ 以上;溜槽采用六边形结构,溜槽中段规格尺寸 $1100\text{mm}\times 1100\text{mm}$,通过使用离散元方法仿真模拟以及溜槽设计准则进行结构性的分析判断得知该转运系统符合要求,经过实践的检验本设计亦符合实际的要求;导料槽最小截面积 1.4m^2 ,导料槽长度14m;微型布袋除尘器:过滤面积 30m^2 ,处理风量 $4000\text{m}^3/\text{h}$;通过离散元方法(DEM)-计算流体动力学(CFD)耦合仿真模拟并结合控尘设计准则分析判断得知该转运系统符合要求,在导料槽出口处煤尘中游离二氧化硅含量控制在10%以下,工作地点空气中总含尘浓度为:时间加权平均容许浓度不大于 $4\text{mg}/\text{m}^3$,短时间接触容许浓度不大于 $6\text{mg}/\text{m}^3$,达到国家环保要求,经实践证实了本结论。

[0021] 最后应当说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其限制,尽管参照上述实施例对本发明进行了详细的说明,所属领域的普通技术人员依然可以对本发明的具体实施方式进行修改或者等同替换,这些未脱离本发明精神和范围的任何修改或者等同替换,均在申请待批的权利要求保护范围之内。

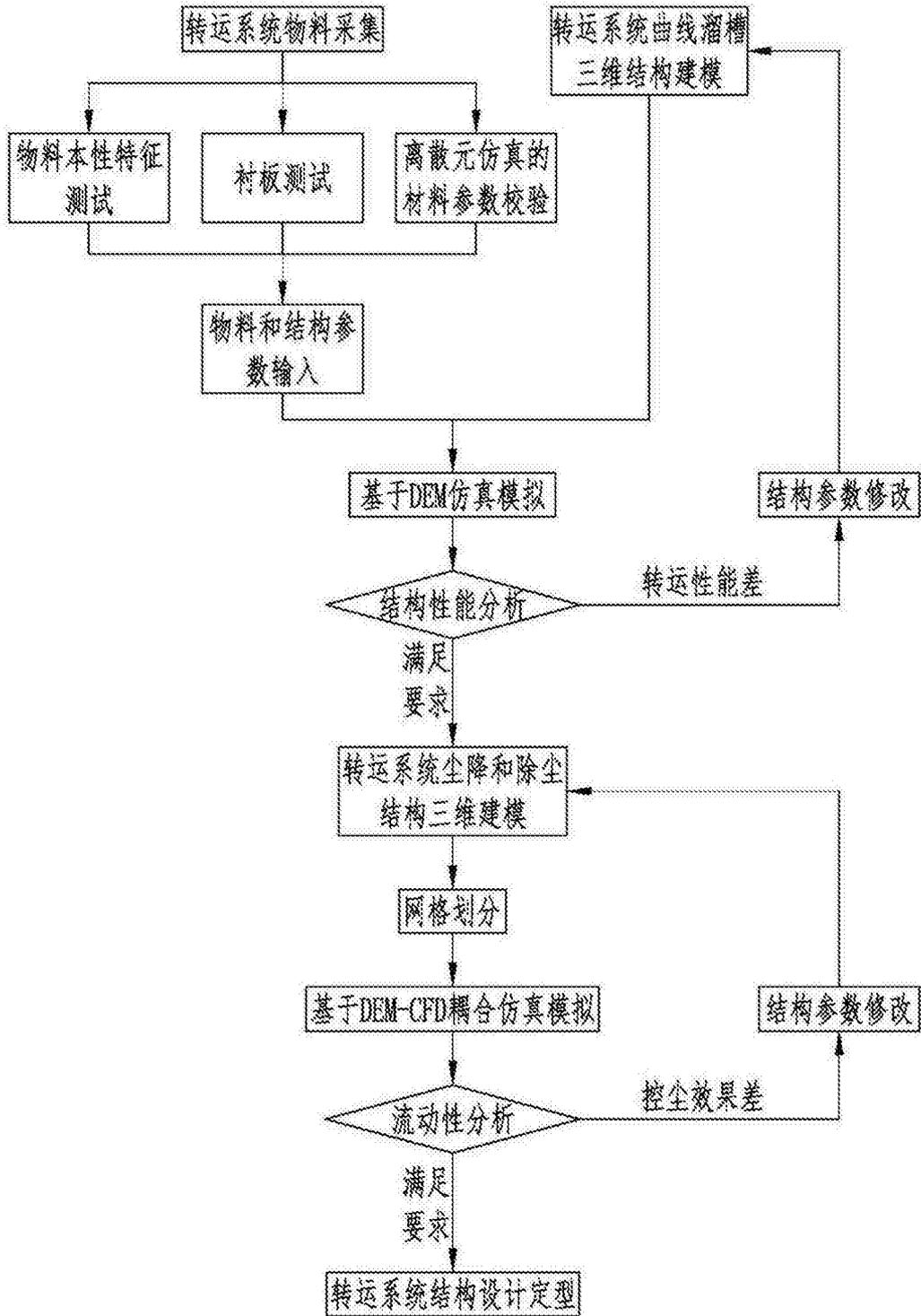


图1

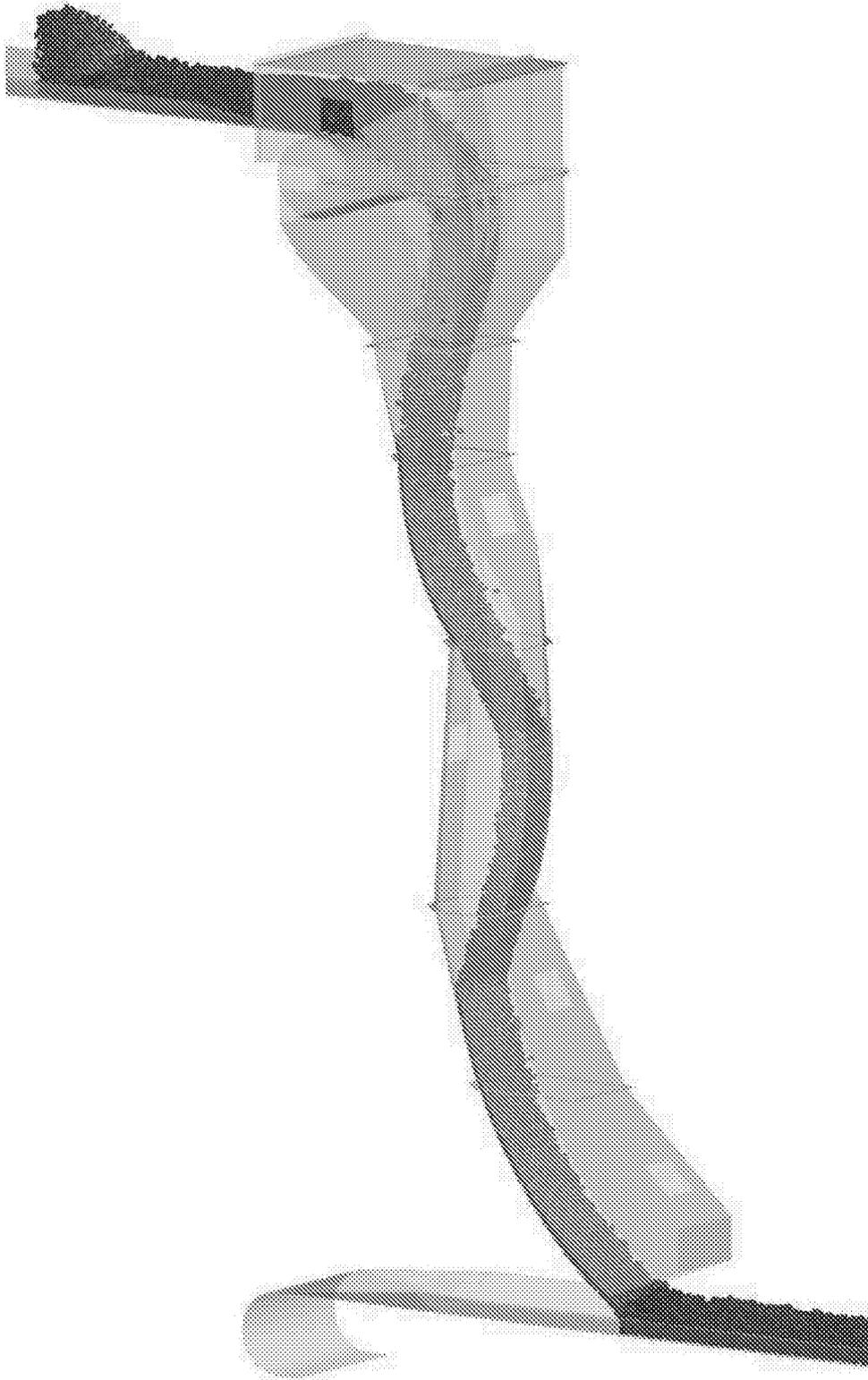


图2

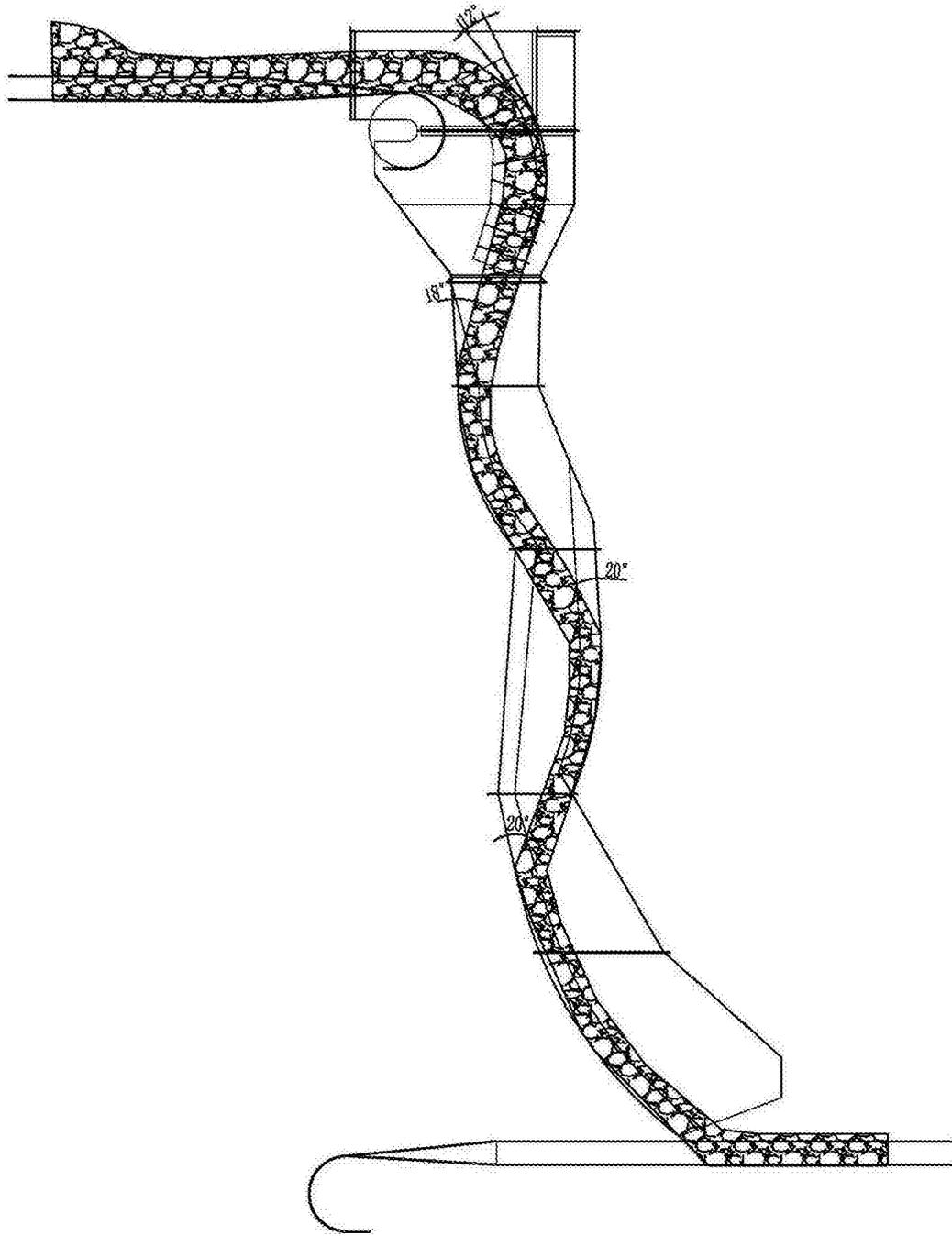


图3

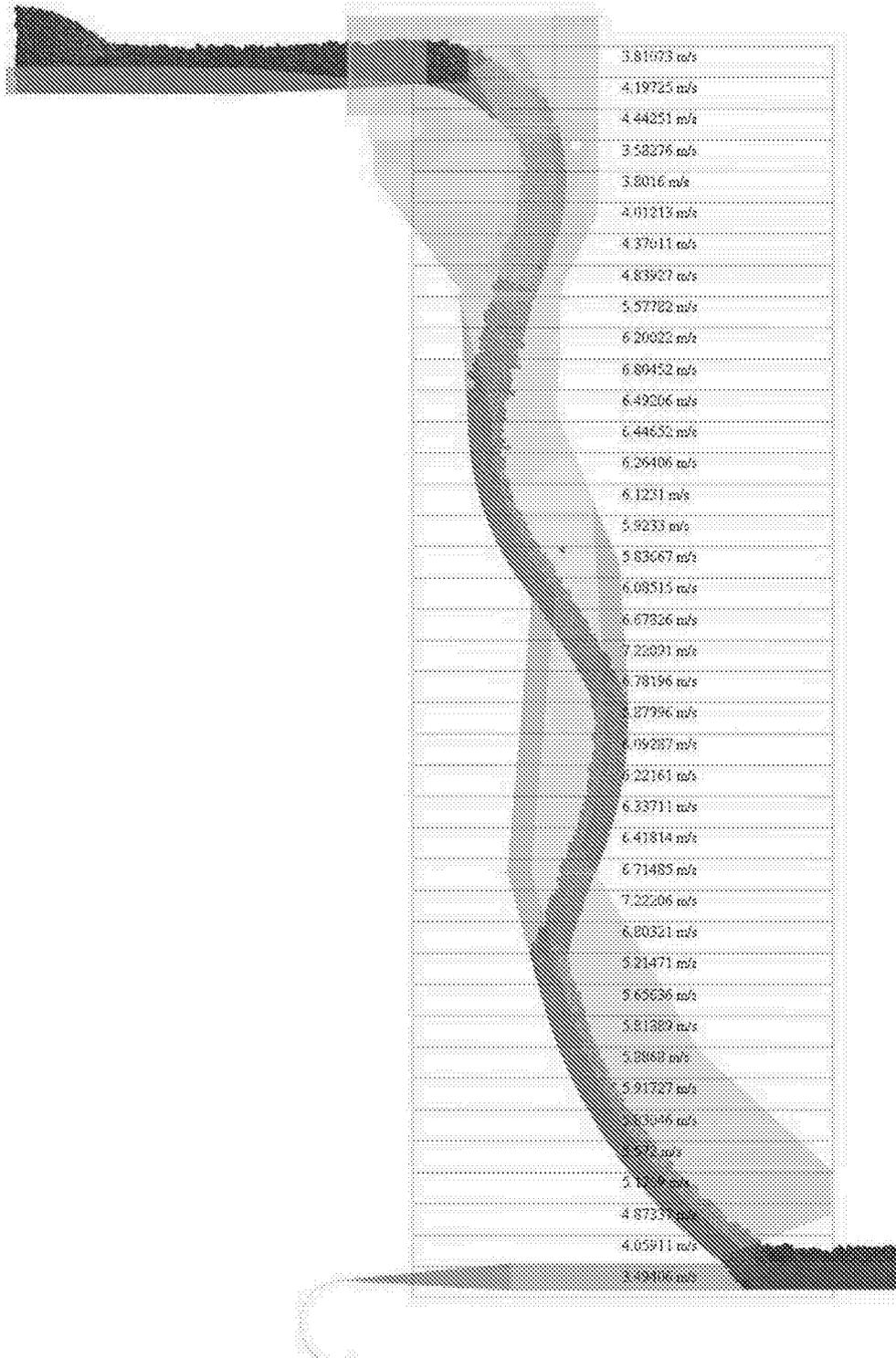


图4

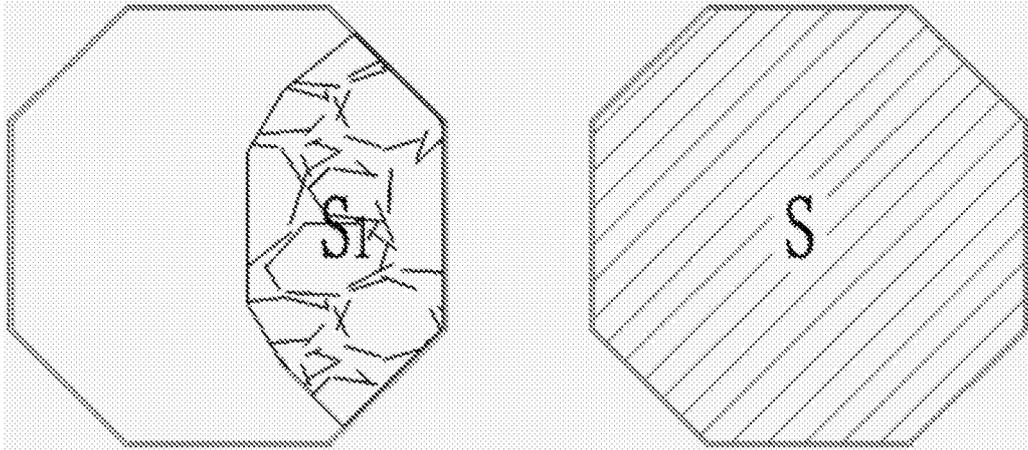


图5

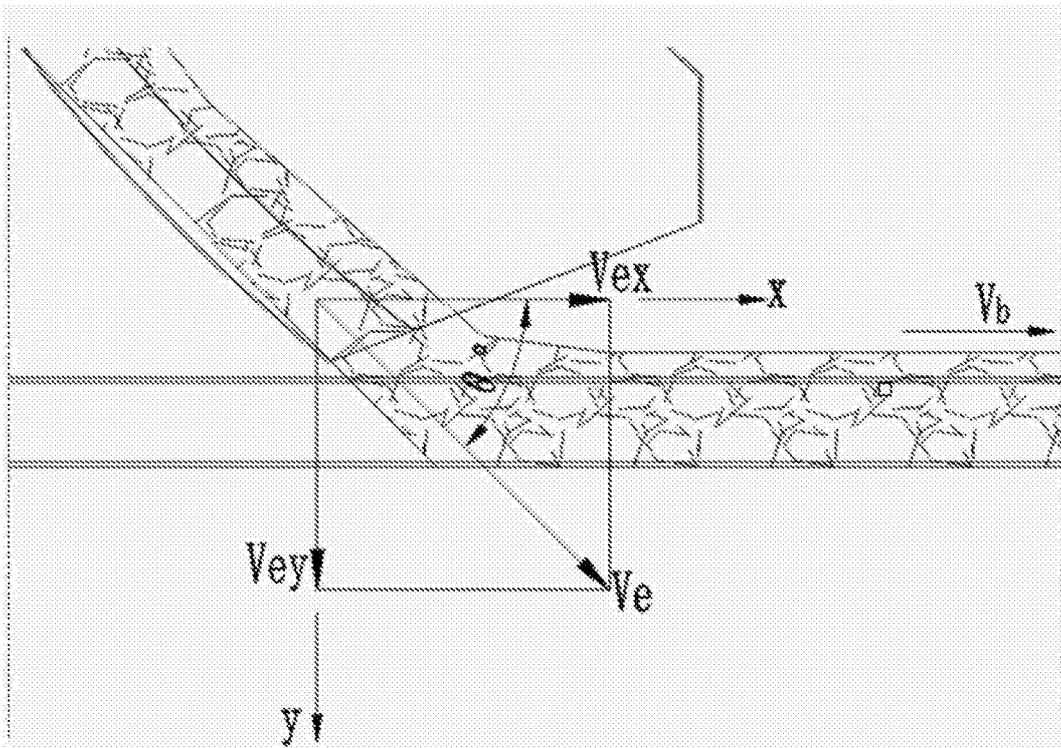


图6

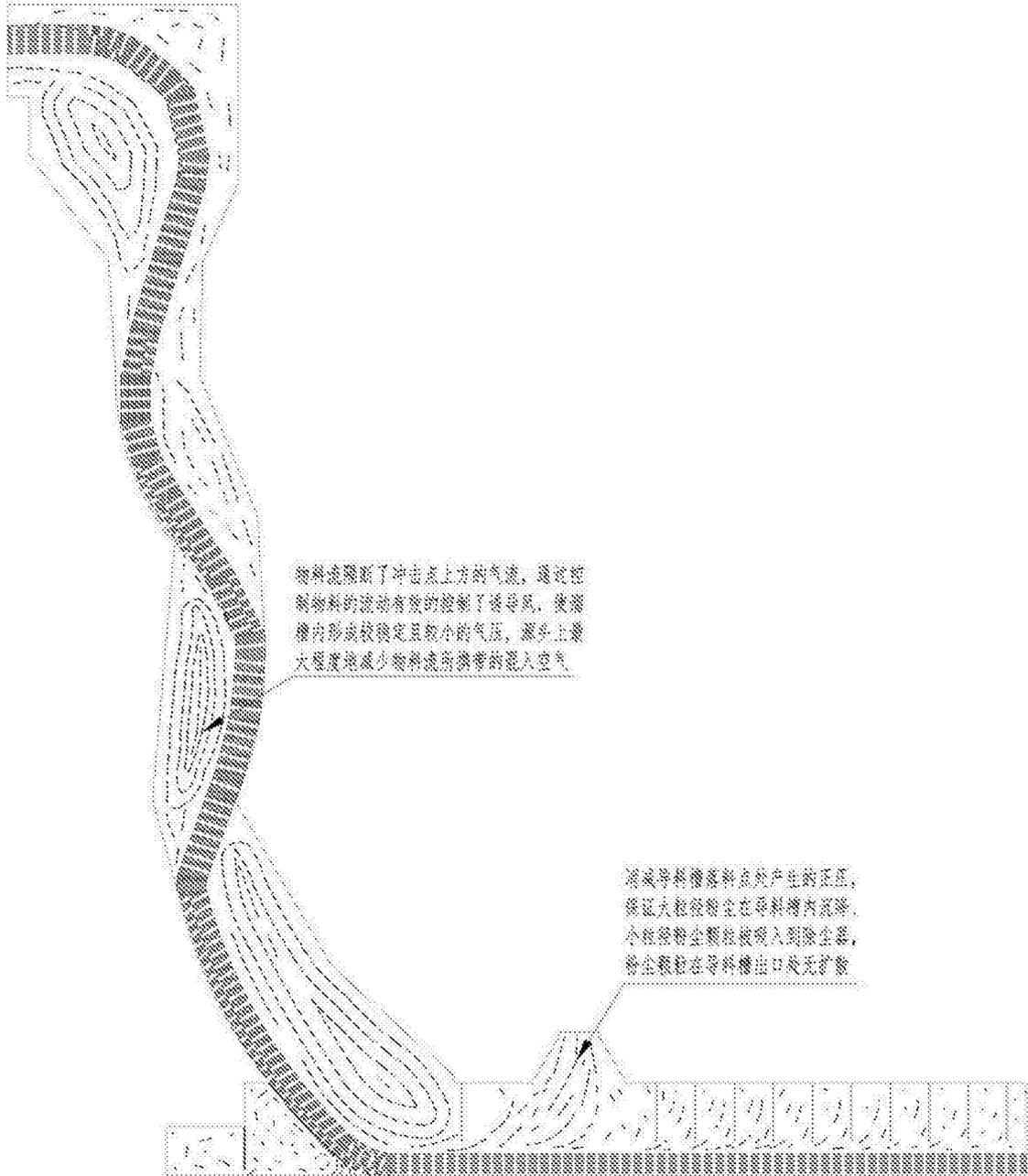


图7

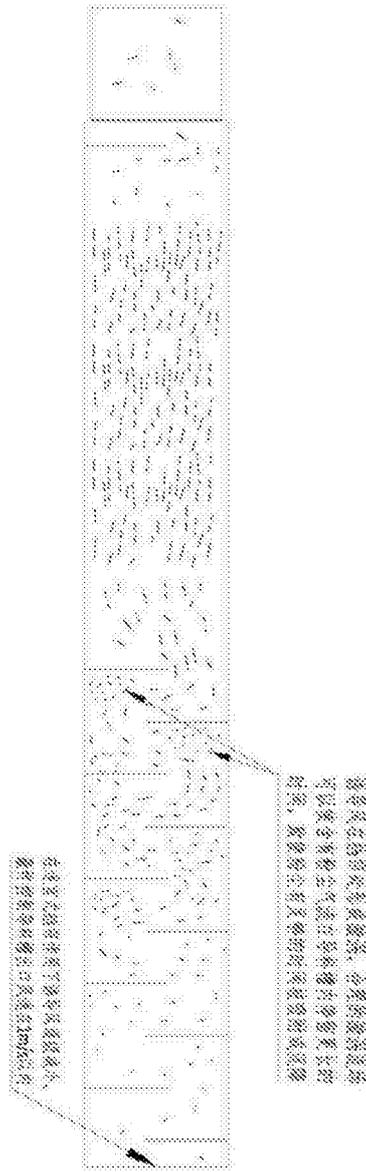


图8

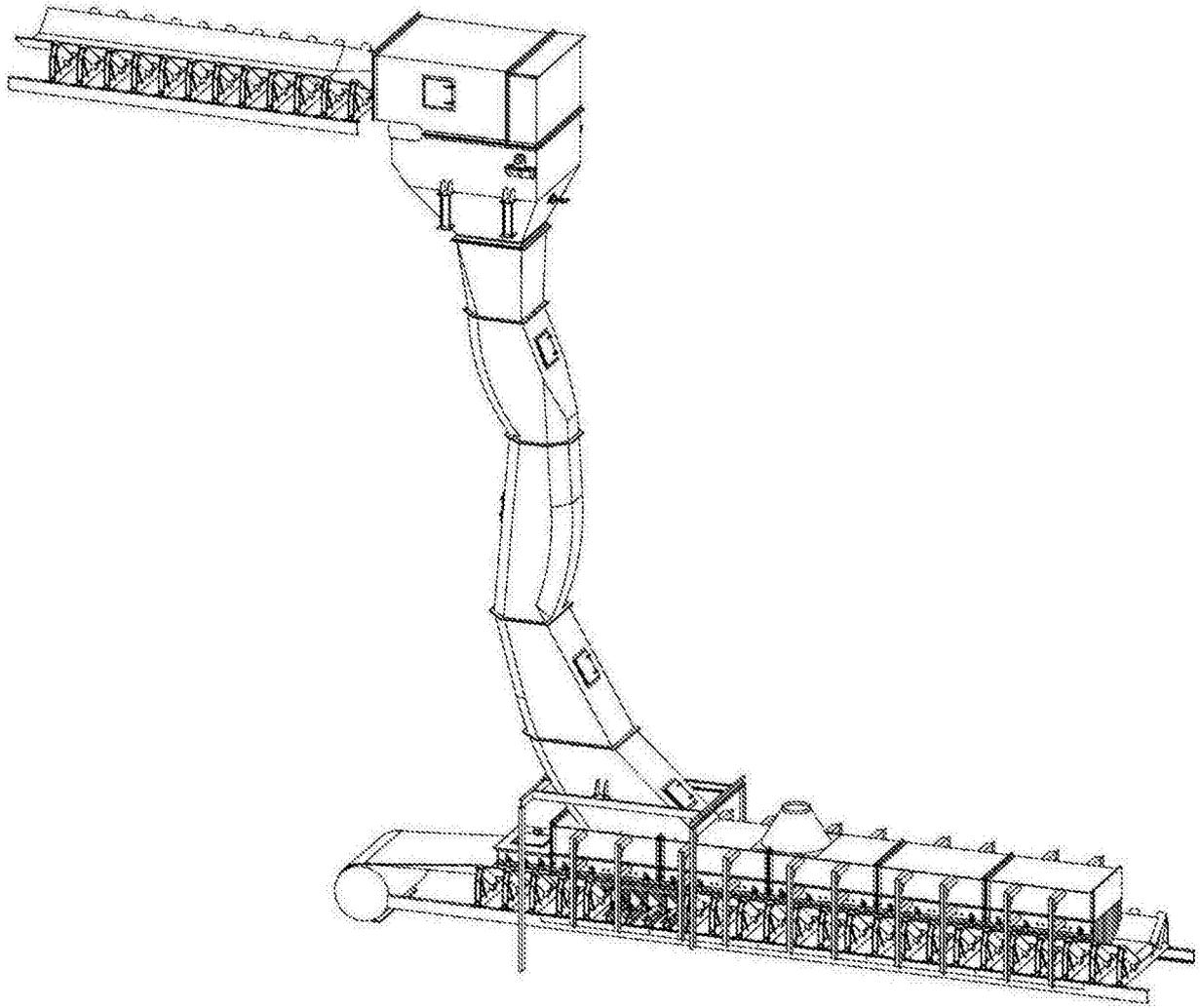


图10