



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113946927 B

(45) 授权公告日 2022. 03. 04

(21) 申请号 202111562069.X

G06F 111/10 (2020.01)

(22) 申请日 2021.12.20

G06F 113/08 (2020.01)

G06F 119/14 (2020.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113946927 A

(56) 对比文件

CN 110390130 A, 2019.10.29

CN 108825175 A, 2018.11.16

CN 110966006 A, 2020.04.07

US 2019012414 A1, 2019.01.10

(43) 申请公布日 2022.01.18

(73) 专利权人 中国地质大学(北京)

地址 100191 北京市海淀区学院路29号

王广申.深水浅层水合物破碎与集矿回收固-液两相流研究.《中国优秀博硕士学位论文全文数据库(硕士) 工程科技I辑》.2020,

(72) 发明人 夏建新 张东宽 栾芳芳 曹华德
魏定邦 官雷

官雷 等.深海多金属结核采集方式及其结构参数比较分析.《海洋技术学报》.2021,

(74) 专利代理机构 北京开阳星知识产权代理有限公司 11710

代理人 王艳斌

审查员 张甜

(51) Int. Cl.

G06F 30/18 (2020.01)

G06F 30/28 (2020.01)

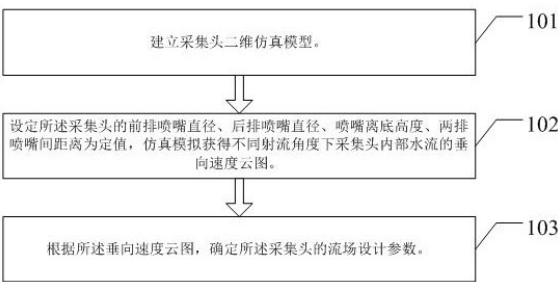
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

一种多金属结核采集头流场设计方法

(57) 摘要

本发明公开了一种多金属结核采集头流场设计方法,该方法包括:建立采集头二维仿真模型;设定所述采集头的前排喷嘴直径、后排喷嘴直径、喷嘴离地高度、两排喷嘴间距离为定值,仿真模拟获得不同射流角度下采集头内部水流的垂向速度云图;根据所述垂向速度云图,确定所述采集头的流场设计参数。本发明实施例提供了一种多金属结核采集头流场设计方法,相比于传统的依靠经验或者试验来确定采集头的流场设计参数,本发明提供的流场设计方法是依据理论分析得出的参数设计方法,参数设计更加准确。



1. 一种多金属结核采集头流场设计方法,其特征在于,包括:
建立采集头二维仿真模型;
设定所述采集头的前排喷嘴直径、后排喷嘴直径、喷嘴离地高度、两排喷嘴间距离为定值,仿真模拟获得不同射流角度下采集头内部水流的垂向速度云图;
根据所述垂向速度云图,确定所述采集头的流场设计参数;
所述根据所述垂向速度云图,确定所述采集头的流场设计参数包括:
根据所述垂向速度云图,将所述前排喷嘴喷出的水流流量与所述后排喷嘴喷出的水流流量之和小于所述采集头抽吸水流流量时对应的流场参数确定为所述流场设计参数;
其中,所述射流角度为射流喷嘴与水平方向形成的夹角。
2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据所述垂向速度云图,确定所述采集头的流场设计参数,包括:
根据所述垂向速度云图,将所述前排喷嘴喷出的水流流量与所述后排喷嘴喷出的水流流量之和小于所述采集头抽吸水流流量并且前排喷嘴射流与后排喷嘴射流不交叉时对应的流场参数确定为所述流场设计参数。
3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述前排喷嘴射流与沉积物交界点和所述前排喷嘴的水平距离为 X_1 ,所述后排喷嘴射流与沉积物交界点和所述后排喷嘴的水平距离为 X_2 ,所述两排喷嘴间距离为 D , $X_1=D/4$; $X_2=D/2$ 。
4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据所述垂向速度云图,确定所述采集头的流场设计参数,包括:
根据所述垂向速度云图,将所述前排喷嘴喷出的水流流量与所述后排喷嘴喷出的水流流量之和小于所述采集头抽吸水流流量并且所述前排喷嘴的喷射速度水平分量与所述后排喷嘴的喷射速度水平分量的差值小于等于预设速度差值时对应的流场参数确定为所述流场设计参数。
5. 根据权利要求1-4中任一项所述的方法,其特征在于,所述根据所述垂向速度云图,确定所述采集头的流场设计参数,包括:
根据所述垂向速度云图,将所述前排喷嘴喷出的水流流量与所述后排喷嘴喷出的水流流量之和小于所述采集头抽吸水流流量并且离地高度线上所述采集头内部水流的垂向速度的平均速度标准差最小时对应的流场参数确定为所述流场设计参数;
或者,根据所述垂向速度云图,将所述前排喷嘴喷出的水流流量与所述后排喷嘴喷出的水流流量之和小于所述采集头抽吸水流流量、前排喷嘴射流与后排喷嘴射流不交叉,并且离地高度线上所述采集头内部水流的垂向速度的平均速度标准差最小时对应的流场参数确定为所述流场设计参数;
或者,根据所述垂向速度云图,将所述前排喷嘴喷出的水流流量与所述后排喷嘴喷出的水流流量之和小于所述采集头抽吸水流流量、前排喷嘴射流与后排喷嘴射流不交叉、所述前排喷嘴的喷射速度水平分量与所述后排喷嘴的喷射速度水平分量的差值小于等于预设速度差值,并且离地高度线上所述采集头内部水流的垂向速度的平均速度标准差最小时对应的流场参数确定为所述流场设计参数。
6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述前排喷嘴直径和所述后排喷嘴直径均为10~18mm;所述喷嘴离地高度小于等于180mm;所述两排喷嘴间距离为400mm-600mm。

7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述射流角度大于等于 50° ,小于等于 80° 。

一种多金属结核采集头流场设计方法

技术领域

[0001] 本发明涉及深海多金属结核的集矿和采集技术领域,尤其涉及一种多金属结核采集头流场设计方法。

背景技术

[0002] 深海蕴藏着丰富的矿产资源,多金属结核是人类未来金属资源的有效保障,也是新能源电池的重要原材料。多金属通常分布在4000-6000m深的海底,呈面式分布:丰度约 $10-20\text{kg}/\text{m}^2$,半埋、全埋或全裸露在海底表层沉积物中,形状有菜花状、球状、椭球状等,粒径大小为0.5-25cm。

[0003] 目前,多金属结核采集方法的研究主要包括机械式、水力式和机械水力复合式的多金属结核采集方法,水力集矿被认为是目前最具商业应用前景的采集方式。目前关于采集头设计参数研究的成果大都来源于实际试验,并没有很多理论分析结果的支撑,尤其很难实现不同参数条件下淹没射流流场设计与构建和参数的调整与优化。然而,采集头设计参数直接影响到采矿车工作效率和矿石采集率,为此,迫切需要提供一种多金属结核采集头流场设计方法。

发明内容

[0004] 为了解决上述技术问题或者至少部分地解决上述技术问题,本发明实施例提供了一种多金属结核采集头流场设计方法,该方法包括:

[0005] 建立采集头二维仿真模型;

[0006] 设定所述采集头的前排喷嘴直径、后排喷嘴直径、喷嘴离地高度、两排喷嘴间距离为定值,仿真模拟获得不同射流角度下采集头内部水流的垂向速度云图;

[0007] 根据所述垂向速度云图,确定所述采集头的流场设计参数。

[0008] 优选地,所述根据所述垂向速度云图,确定所述采集头的流场设计参数,包括:根据所述垂向速度云图,将所述前排喷嘴喷出的水流流量与所述后排喷嘴喷出的水流流量之和小于所述采集头抽吸水流流量时对应的流场参数确定为所述流场设计参数。

[0009] 优选地,所述根据所述垂向速度云图,确定所述采集头的流场设计参数,包括:根据所述垂向速度云图,将前排喷嘴射流与后排喷嘴射流不交叉时对应的流场参数确定为所述流场设计参数。

[0010] 优选地,所述前排喷嘴射流与沉积物交界点和所述前排喷嘴的水平距离为 X_1 ,所述后排喷嘴射流与沉积物交界点和所述后排喷嘴的水平距离为 X_2 ,所述两排喷嘴间距离为 D , $X_1=D/4$; $X_2=D/2$ 。

[0011] 优选地,所述根据所述垂向速度云图,确定所述采集头的流场设计参数,包括:根据所述垂向速度云图,将所述前排喷嘴的喷射速度水平分量与所述后排喷嘴的喷射速度水平分量的差值小于等于预设速度差值时对应的流场参数确定为所述流场设计参数。

[0012] 优选地,所述根据所述垂向速度云图,确定所述采集头的流场设计参数,包括:根

据所述垂向速度云图,将离地高度线上所述采集头内部水流的垂向速度的平均速度标准差最小时对应的流场参数确定为所述流场设计参数。

[0013] 优选地,所述前排喷嘴直径和所述后排喷嘴直径均为10~18mm;所述喷嘴离地高度小于等于180mm;所述两排喷嘴间距离为400mm-600mm。

[0014] 优选地,所述射流角度大于等于 50° ,小于等于 80° 。

[0015] 本发明实施例提供的技术方案与现有技术相比具有如下优点:

[0016] 本发明实施例提供的一种多金属结核采集头流场设计方法,相比于传统的依靠经验或者试验来确定采集头的流场设计参数,本发明提供的流场设计方法是依据理论分析得出的参数设计方法,参数设计更加准确。

附图说明

[0017] 此处的附图被并入说明书中并构成本说明书的一部分,示出了符合本发明的实施例,并与说明书一起用于解释本发明的原理。

[0018] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,对于本领域普通技术人员而言,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0019] 图1为本发明实施例所述的一种多金属结核采集头流场设计方法的一种流程示意图;

[0020] 图2为本发明实施例所述的一种多金属结核采集头流场设计方法的另一种流程示意图;

[0021] 图3为本发明实施例提供的不同射流角度下采集头的垂向速度云图;

[0022] 图4为本发明实施例提供的不同离地高度下采集头的垂向速度图;

[0023] 图5为本发明实施例提供的离地高度线上采集头内部水流的垂向速度的平均速度标准差随射流角度的变化图。

具体实施方式

[0024] 为了能够更清楚地理解本发明的上述目的、特征和优点,下面将对本发明的方案进行进一步描述。需要说明的是,在不冲突的情况下,本发明的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0025] 在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明,但本发明还可以采用其他不同于在此描述的方式来实施;显然,说明书中的实施例只是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。

[0026] 图1为本发明实施例所述的一种多金属结核采集头流场设计方法的一种流程示意图,如图1所示,该方法包括:

[0027] 步骤101:建立采集头二维仿真模型。

[0028] 在步骤101中,采用二维模型对采集头内的流场进行仿真研究,以减少仿真计算量,提高计算速度。

[0029] 在一些实施例中,二维仿真模型的网格划分选用高计算精度的四边形网格,并且扩大计算区域以使采集头内部的水流流动充分发展并达到稳定状态,从而可以构建精确的

二维仿真模型。

[0030] 步骤102:设定所述采集头的前排喷嘴直径、后排喷嘴直径、喷嘴离地高度、两排喷嘴间距离为定值,仿真模拟获得不同射流角度下采集头内部水流的垂向速度云图。

[0031] 在步骤102中,先设定采集头的前排喷嘴直径、后排喷嘴直径、喷嘴离地高度、两排喷嘴间距离均为定值,通过改变采集头射流角度的参数,对不同射流角度的采集头进行仿真分析,获得不同射流角度下采集头内部水流的垂向速度云图,根据垂向速度云图,分析采集头内部流场中水流的垂向速度的分布情况。

[0032] 步骤103:根据所述垂向速度云图,确定所述采集头的流场设计参数。

[0033] 在步骤103中,根据垂向速度云图,分析采集头内部流场中水流的垂向速度的分布情况,以此评价出不同射流角度对采集头采集效果的影响,选出采集效果最好的采集头,将采集效果最优的采集头对应的流场参数确定为该流场设计参数。

[0034] 本发明实施例提供的一种多金属结核采集头流场设计方法,相比于传统的依靠经验或者试验来确定采集头的流场设计参数,本发明提供的流场设计方法是依据理论分析得出的参数设计方法,参数设计更加准确。

[0035] 在一些实施例中,步骤101:建立采集头二维仿真模型,该步骤101的具体内容例如还可以包括,采用FLUENT、ANSYS、CFD等数值模拟软件构建采集头二维仿真模型。

[0036] 在一些实施例中,步骤103:根据所述垂向速度云图,确定所述采集头的流场设计参数,该步骤103的具体内容例如可以包括:根据所述垂向速度云图,将所述前排喷嘴喷出的水流流量与所述后排喷嘴喷出的水流流量之和小于所述采集头抽吸水流流量时对应的流场参数确定为所述流场设计参数。首先,根据垂向速度云图,可以计算出前排喷嘴喷出的水流流量、后排喷嘴喷出的水流流量以及采集头抽吸水流流量,当前排喷嘴喷出的水流流量与后排喷嘴喷出的水流流量之和小于采集头抽吸水流流量时,此时对应的流场参数确定为该流场设计参数。

[0037] 在一些实施例中,采用双排喷嘴冲采水力式集矿,利用水射流冲采或产生负压抽吸结核,该水力式集矿的工作原理是:利用离海底一定高度的前后排相对斜向海底的喷嘴产生的水射流,将结核冲离沉积层,洗掉一部分沉积物,在形成上升水流的作用下将结核举起来,并在集矿装置向前移动时利用康达效应的作用将结核送入破碎机料口。这种采集方式,其结构简单,由三台泵、输送流道和喷嘴组成,工作可靠,采集率高。因此,多金属结核在采集的时候,需要依靠集矿车内部的水泵对采集头内部的多金属结核进行抽吸,才能将采集头内部的多金属结核收集到输送管道中,而当前排喷嘴喷出的水流流量与后排喷嘴喷出的水流流量之和小于采集头抽吸水流流量时,采集头内部的多金属结核能够被抽吸到输送管道中,因此将此时对应的流场参数确定为该流场设计参数。

[0038] 在一些实施例中,步骤103:根据所述垂向速度云图,确定所述采集头的流场设计参数,该步骤103的具体内容例如可以包括:根据所述垂向速度云图,将前排喷嘴射流与后排喷嘴射流不交叉时对应的流场参数确定为所述流场设计参数。根据垂向速度云图,可以得出前排喷嘴射流与沉积物交界点和前排喷嘴的水平距离,以及后排喷嘴射流与沉积物交界点和后排喷嘴的水平距离,当前排喷嘴射流与后排喷嘴射流不交叉时,此时对应的流场参数确定为所述流场设计参数。

[0039] 在采集头的淹没流场中,前后排喷嘴射流需要尽可能的避免直接碰撞,否则很容

易产生交错,进而影响采集效果。因此通常将一排射流射向采集头外部,另一排射流直接流向输送管道,需要控制前排喷嘴射流与后排喷嘴射流不交叉,此时采集头的采集效果较好,因此可以将前排喷嘴射流与后排喷嘴射流不交叉时对应的流场参数确定为该流场设计参数。

[0040] 优选地,前排喷嘴射流与沉积物交界点和前排喷嘴的水平距离为 X_1 ,后排喷嘴射流与沉积物交界点和后排喷嘴的水平距离为 X_2 ,前排喷嘴与后排喷嘴这两排喷嘴间距离为 D ,则 $X_1=D/4$; $X_2=D/2$ 。此时,可以满足前排喷嘴射流与后排喷嘴射流不交叉,又能很好的控制采集头内部的流场,增强采集头多多金属结核的采集效果。

[0041] 在一些实施例中,步骤103:根据所述垂向速度云图,确定所述采集头的流场设计参数,该步骤103的具体内容例如可以包括:根据所述垂向速度云图,将所述前排喷嘴的喷射速度水平分量与所述后排喷嘴的喷射速度水平分量的差值小于等于预设速度差值时对应的流场参数确定为所述流场设计参数。根据垂向速度云图,可以得出前排喷嘴的喷射速度水平分量与后排喷嘴的喷射速度水平分量,计算前排喷嘴的喷射速度水平分量与后排喷嘴的喷射速度水平分量的差值,当该差值小于等于预设的速度差值时,将此时对应的流场参数确定为该流场设计参数。

[0042] 通常深海多金属结核赋存在沉积物表面,有的处于全埋状态,也有的处于半埋或全露的状态,在水力式采集头两排喷嘴射流和抽吸作用下,结核运动过程分为四个阶段:破土、剥离、悬浮和抽吸。在射流喷嘴的作用下结核离开沉积物表面与海底沉积物和海水搅动进入流态化状态悬浮于采集头内部流场中,与此同时在附壁喷嘴的抽吸作用下进入输送管道,完成整个采集过程。

[0043] 在采集过程中,射流喷嘴与水平方向形成了一个斜向下的夹角,当水射流到达结核时,作用在结核上的力会将其推入沉积物中,同时速度场在结核上产生吸力,将其向射流方向推移,由于采用双排射流,通过调整射流角度可以使作用在结核左侧的动量与右侧的动量以及采集车运动时水流的动量相互抵消,此时水流将向采集头的上方流动并作用在结核上,在水流(拖曳力)的作用下将带动结核也向上运动,由于射流喷嘴左右两侧装设了导流板并且结合附壁喷头结核在康达效应的作用下进入输送管道,完成采集过程。

[0044] 因此,该预设的速度差值,需要使作用在结核左侧的动量与右侧的动量以及采集车运动时水流的动量相互抵消,这样才能使得结核向采集头的上方运动,而不会向左侧或者右侧运动,从而很好的完成对结核的采集。优选地,该预设的速度差值为0,这样前排喷嘴的喷射速度水平分量与后排喷嘴的喷射速度水平分量可以相互抵消,结核就不会左右运动,从而提高采集效果。本发明的实施例不限定该预设的速度差值的大小,该预设的速度差值可以根据采集结核时的实际需求进行设置,以满足不同采集环境的需求,通常在能够满足实际采集需求的情况下,该预设的速度差值越小,采集效果越好。

[0045] 本发明实施例提供的一种多金属结核采集头流场设计方法,当前排喷嘴的喷射速度水平分量与后排喷嘴的喷射速度水平分量的差值小于等于该预设速度差值时,即能够使得结核向采集头上方运动而不会左右运动,又能够减小流场的涡流,在采矿车行驶过程中,前后喷嘴射流能够将结核从海底沉积物中剥离出来,并使其悬浮到一定高度,便于采集。

[0046] 在一些实施例中,步骤103:根据所述垂向速度云图,确定所述采集头的流场设计参数,该步骤103的具体内容例如可以包括:根据所述垂向速度云图,将离地高度线上所述

采集头内部水流的垂向速度的平均速度标准差最小时对应的流场参数确定为所述流场设计参数。根据该垂向速度云图,可以得到采集头内部水流的垂向速度,先计算该垂向速度的平均速度,再计算出该平均速度的标准差,将该平均速度标准差最小时对应的流场参数确定为该流场设计参数。

[0047] 通常采集头内部各处速度越均匀采集效果越优,若内部速度的均匀性较差,结核在采集头内部的无规则运动会加剧,结核一旦被剥离并抬升,如果没有一个相对稳定的流场,会在速度较小的地方下沉或者随涡流旋转而不能被向上运移。因此在保证采集头内部流场中水的流动速度较大时还要尽可能使其内部各处速度尽可能均匀一致。而当离地高度线上采集头内部水流的垂向速度的平均速度标准差最小时,此时流场内部的速度比较均匀,因此将此时对应的流场参数确定为所述流场设计参数。

[0048] 在一些实施例中,前排喷嘴直径和后排喷嘴直径均为10~18mm。当喷嘴直径减小,则采集头的压头加大,当喷嘴直径到达10~18mm时,不同行驶速度和离地高度对压头的影响很小,因此将喷嘴直径设置为10~18mm。其中,前排喷嘴直径例如可以与后排喷嘴直径的大小相同或者不同。

[0049] 在一些实施例中,所述喷嘴离地高度小于等于180mm。喷嘴应尽可能接近海底,以便获得较高的回采率。但离地高度必须大于结核突出海底的高度,否则,结核可能被推到采集头外,无法进入采集头内。根据原位采样结果表明,一般结核粒径在200mm以下,另外当喷嘴离地高度超过180mm时,采集率明显下降。因此将喷嘴离地高度设为小于等于180mm。

[0050] 在一些实施例中,所述两排喷嘴间距离为400mm-600mm。矿石从沉积物剥离、悬浮、上升到输送管入口需要一段时间,因此采集头前后排喷嘴之间需要有一定的间距,以保证在此时段矿石仍在采集头内。喷嘴排距由射流产生的上升速度、车辆的行驶速度、喷嘴离地高度和射流角度决定。当两排喷嘴间距离为400mm-600mm时,采集效果最优。

[0051] 在一些实施例中,所述射流角度例如可以大于等于 50° ,小于等于 80° 。射流角度影响射流对沉积物的力度和深度,必须要保证射流将矿石和沉积物搅动,并使之进入流动状态。要使前后排射流都尽可能的剥离抬升结核,前后射流与水平夹角的选择就需要倾向于大值,以尽可能地减少前后射流动量的抵消,但角度并不是越大越好,还须要保证水流在斜向上对结核在具有一定的切削力度。经过仿真分析,射流角度在 70° 时采集效果较好。

[0052] 本发明实施例提供的一种多金属结核采集头流场设计方法,采用仿真模拟软件对采集头内部的流场结构进行模拟计算,模拟得出不同射流角度下采集头内部水流的垂向速度云图,根据该垂向速度云图可以简单便捷的确定出采集头的流场设计参数,相比于传统的依靠经验或者试验来确定采集头的流场设计参数,本发明提供的流场设计方法是依据理论分析得出的参数设计方法,参数设计更加准确。且可以根据不同的工况,实时的对采集头的流场设计参数进行调整,以满足不同的多金属结核采集环境的需求。

[0053] 在一些实施例中,步骤103:根据所述垂向速度云图,确定所述采集头的流场设计参数,该步骤103的具体内容例如可以包括:根据垂向速度云图,将前排喷嘴喷出的水流流量与后排喷嘴喷出的水流流量之和小于采集头抽吸水流流量时,以及前排喷嘴射流与后排喷嘴射流不交叉;且前排喷嘴的喷射速度水平分量与后排喷嘴的喷射速度水平分量的差值小于等于预设速度差值;离地高度线上采集头内部水流的垂向速度的平均速度标准差最小;当采集头内部的参数同时满足以上条件时,将此时对应的流场参数确定为该流场设计

参数,此时对应的采集头采集效果较好。

[0054] 优选地,步骤103:根据所述垂向速度云图,确定所述采集头的流场设计参数,该步骤103的具体内容例如可以包括:根据垂向速度云图,将前排喷嘴喷出的水流流量与后排喷嘴喷出的水流流量之和小于采集头抽吸水流流量时,以及当前排喷嘴射流与沉积物交界点和前排喷嘴的水平距离为 X_1 ,后排喷嘴射流与沉积物交界点和后排喷嘴的水平距离为 X_2 ,前排喷嘴与后排喷嘴这两排喷嘴间距离为 D , $X_1=D/4$; $X_2=D/2$;以及前排喷嘴的喷射速度水平分量与后排喷嘴的喷射速度水平分量的差值小于等于预设速度差值;并且,离地高度线上采集头内部水流的垂向速度的平均速度标准差最小;当采集头内部的参数同时满足以上条件时,将此时对应的流场参数确定为该流场设计参数。此时对应的采集头即可以满足前排喷嘴射流与后排喷嘴射流不交叉,又能很好的控制采集头内部的流场,同时能够确保采集头内部与的多金属结核能够被抽吸到输送管道入口,此时的采集头的采集效果较好。

[0055] 以上仅为本发明的一种实施方式,本发明的实施方式还可以如图2所示,图2为本发明实施例所述的一种多金属结核采集头流场设计方法的另一种流程示意图;该方法包括:

[0056] 步骤201:建立采集头二维仿真模型。

[0057] 在步骤201中,采用二维模型对采集头内的流场进行仿真研究,以减少仿真计算量,提高计算速度。

[0058] 在一些实施例中,二维仿真模型的网格划分选用高计算精度的四边形网格,并且扩大计算区域以使采集头内部的水流流动充分发展并达到稳定状态,从而可以构建精确的二维仿真模型。

[0059] 步骤202:设定所述采集头的前排喷嘴直径、后排喷嘴直径、喷嘴离地高度、两排喷嘴间距离为定值,仿真模拟获得射流角度分别为 50° 、 60° 、 70° 和 80° 时采集头内部水流的垂向速度云图。

[0060] 在步骤202中,先设定所述采集头的前排喷嘴直径、后排喷嘴直径、喷嘴离地高度、两排喷嘴间距离为定值,通过改变采集头射流角度的参数,对不同射流角度的采集头进行仿真分析,获得不同射流角度下采集头内部水流的垂向速度云图,根据垂向速度云图,分析采集头内部流场中水流的垂向速度的分布情况。设定采集头射流角度分别为 50° 、 60° 、 70° 、 80° 。

[0061] 在一些实施例中,先设定采集头的前排喷嘴直径为18mm、后排喷嘴直径均为14mm,喷嘴离地高度为180mm、两排喷嘴间距离为600mm。

[0062] 步骤203:根据所述垂向速度云图,将离地高度线上所述采集头内部水流的垂向速度的平均速度标准差最小时对应的流场参数确定为所述流场设计参数。

[0063] 在步骤203中,根据垂向速度云图,分析采集头内部流场中水流的垂向速度的分布情况,以此评价出不同射流角度对采集头采集效果的影响,选出采集效果最好的采集头,将采集效果最优的采集头对应的流场参数确定为该流场设计参数。

[0064] 利用流体仿真软件FLUENT得到采集头射流角度分别为 50° 、 60° 、 70° 、 80° 四种方案的垂向速度云图,如图3所示,图3为本发明实施例提供的不同射流角度下采集头的垂向速度云图,在图3中,方案一为射流角度为 50° 时采集头的垂向速度云图;方案二为射流角度为 60° 时采集头的垂向速度云图;方案三为射流角度为 70° 时采集头的垂向速度云图;方案四

为射流角度为 80° 时采集头的垂向速度云图;其中,X轴代表的是采集头的宽度,Y轴代表的是采集头的高度,从图3的垂向速度云图可以看到采集头内部存在一个有效作用区域:前后喷嘴射流与沉积物交界点,以及吸入口前后点,四点组成的区域为有效作用区域。在该有效作用区域的多金属结核才能被悬浮吸入到采矿车上。采集头内部有效作用区的速度呈环形分布,越靠近环心速度越大,在图3中,有效作用区域颜色越深代表采集头内部水流的垂向速度越大,越靠近环心颜色越深,垂向速度速度越大。

[0065] 根据图3的垂向速度云图,可以得出采集头内部水流的垂向速度随采集头移动的变化规律,如图4所示,图4为本发明实施例提供的不同离地高度下采集头的垂向速度图,在图4中,方案一为射流角度为 50° ,采集头离地高度分别为5cm、10cm、15cm时的垂向速度图;方案二为射流角度为 60° ,采集头离地高度分别为5cm、10cm、15cm时的垂向速度图;方案三为射流角度为 70° ,采集头离地高度分别为5cm、10cm、15cm时的垂向速度图;方案四为射流角度为 80° ,采集头离地高度分别为5cm、10cm、15cm时的垂向速度图;在图4中,X轴代表的是采集头的宽度,Y轴代表的是采集头内部水流的竖直方向上的速度,结合图3和图4可以发现,在同一射流角度下,不同的离地高度采集头内部水流的垂向速度呈现抛物线的变化,说明采集头内部有效作用区的速度呈环形分布,越靠近采集头内部有效作用区域的环心速度越大。而随着射流角度的增大,采集头中间输送区逐渐向采集头前部移动,输送区的面积也随着射流角度的增大而增大。

[0066] 根据图4的不同离地高度线上采集头内部水流的垂向速度,可以计算出离地高度线上采集头内部水流的垂向速度的平均速度标准差,如图5所示,图5为本发明实施例提供的离地高度线上采集头内部水流的垂向速度的平均速度标准差随射流角度的变化图,图5所示的是同一射流角度下不同离地高度(这里取5cm、10cm、15cm)的三条线上的平均速度的标准差。

[0067] 从图5可以看出,同一射流角度下离底5cm、10cm、15cm的三条线上的平均速度的标准差与 50° 、 60° 、 80° 相比,前后射流采用 70° 射流时三条离底高度线上平均速度标准差最小,说明射流角度为 70° 时输送区的速度波动较小。从标准差的变化曲线上看,当前后喷射角度为 70° 时,随着离底高度的变化,速度的波动最小,垂向速度分布最均匀。

[0068] 本发明实施例提供了一种多金属结核采集头流场设计方法,采集头的设计涉及多参数、多极值、非线性系统的优化问题,本发明实施例提供的方法通过借助流体分析软件FLUENT模拟采集头内部水动力特性,分析采集头内部流场特性,进而可以给出效果理想的流场设计方案。

[0069] 以上对本发明实施例所提供的一种多金属结核采集头流场设计方法进行了详细介绍,本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处,综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

[0070] 需要说明的是,在本文中,诸如“第一”和“第二”等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些

要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0071] 以上所述仅是本发明的具体实施方式,使本领域技术人员能够理解或实现本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本发明将不会被限制于本文所述的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

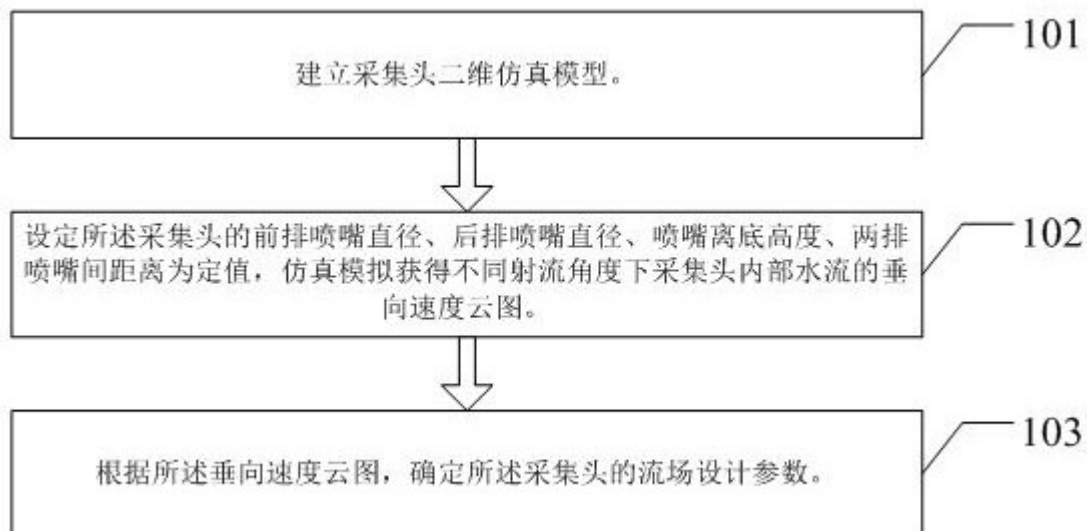


图1

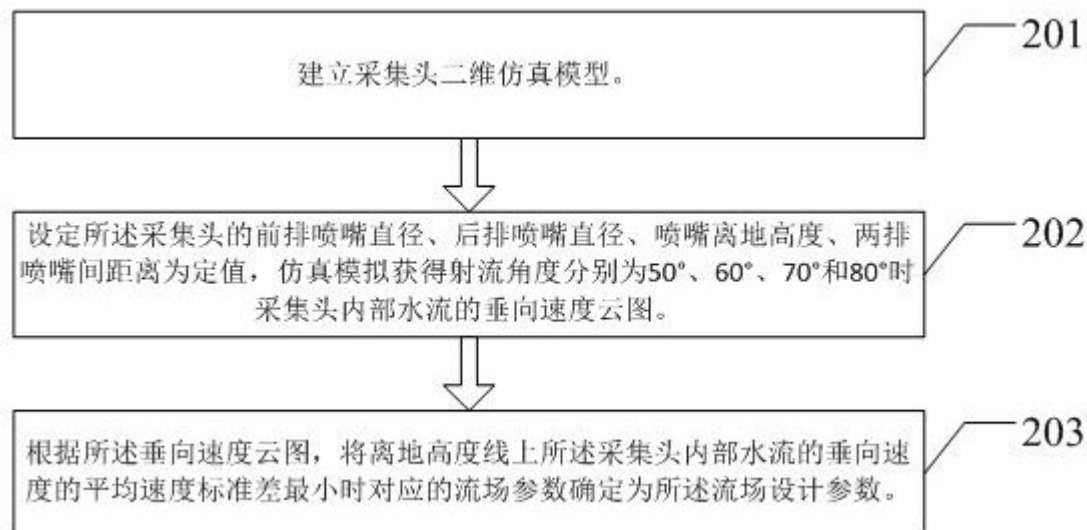


图2

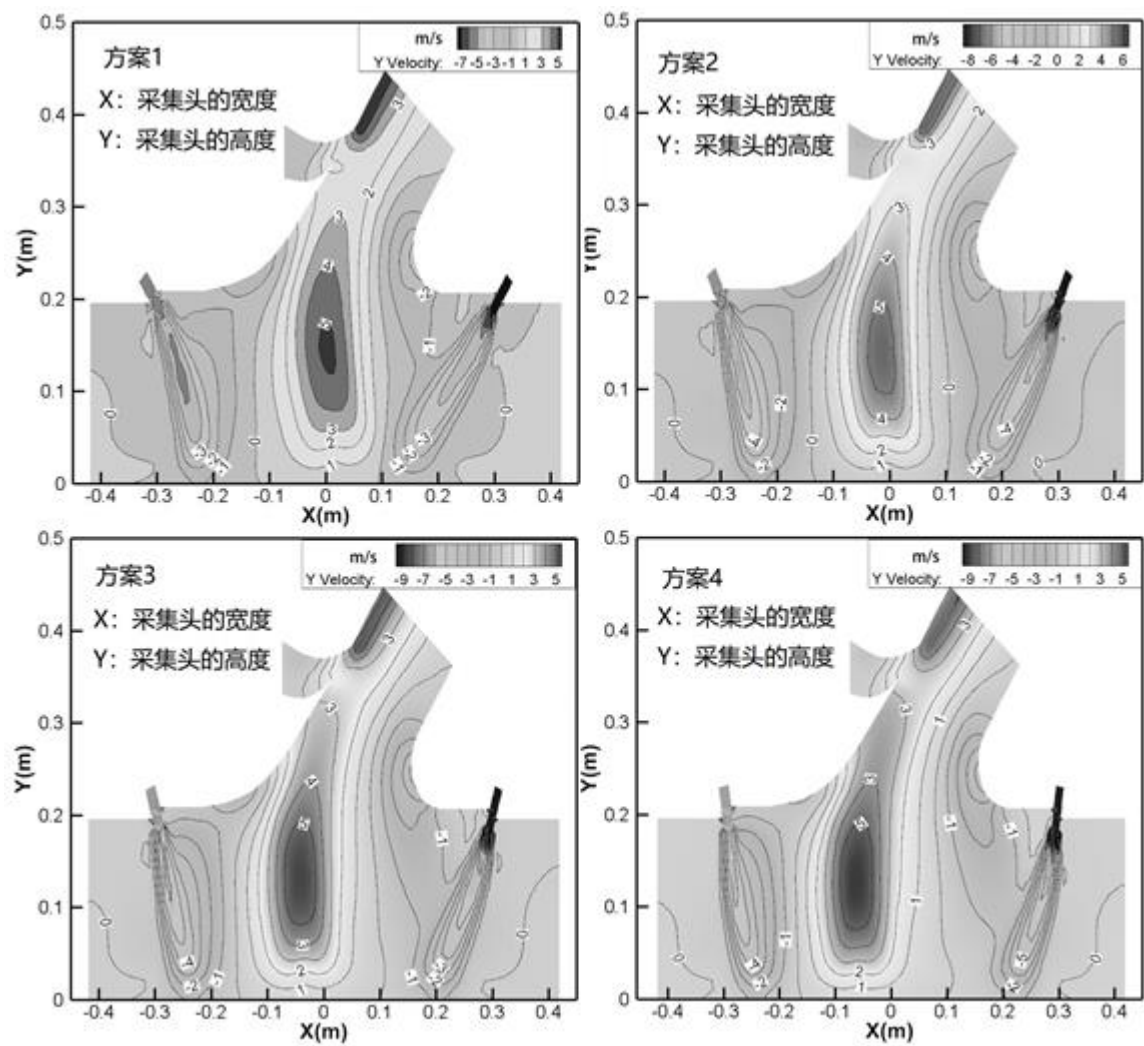


图3

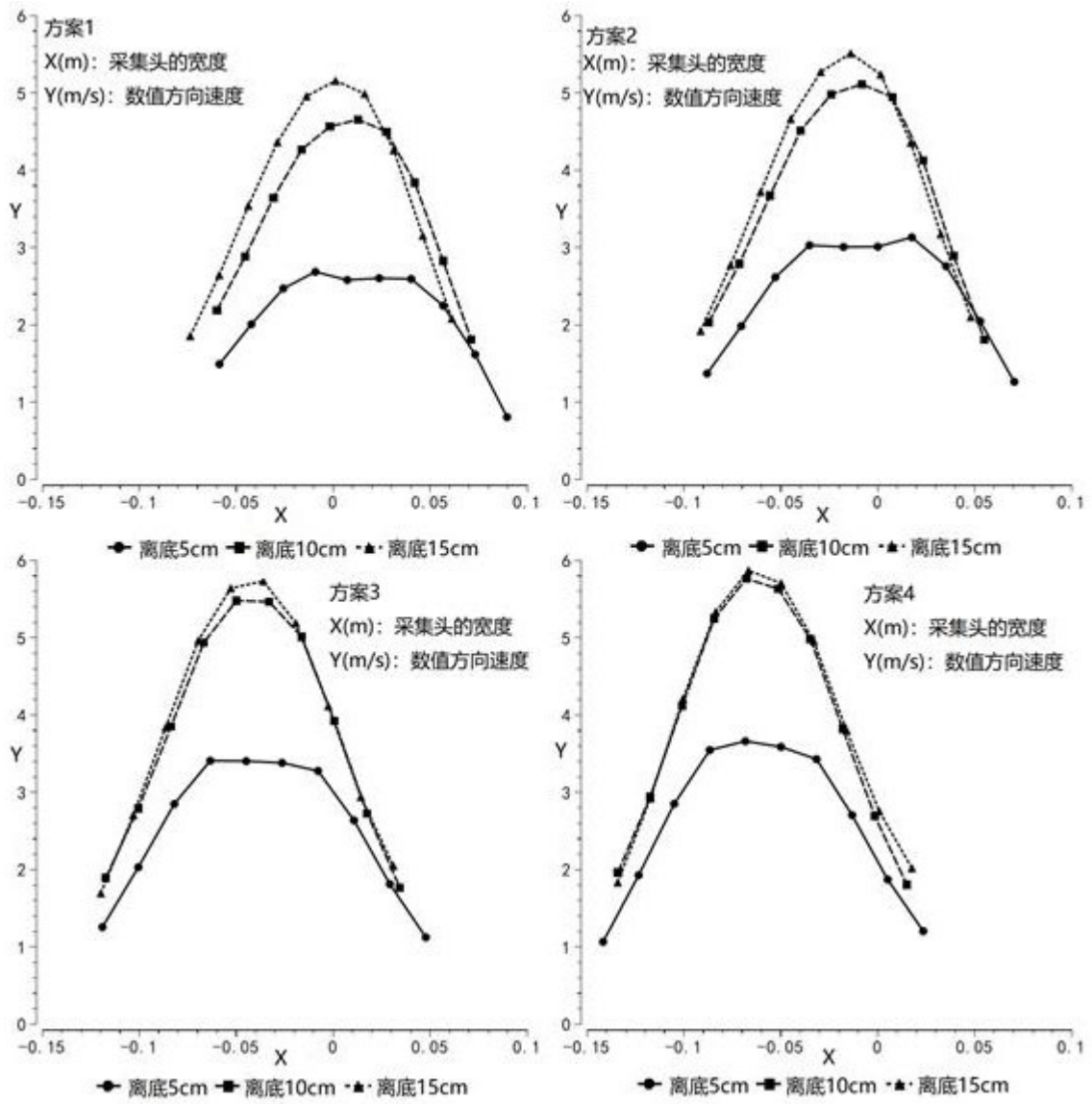


图4

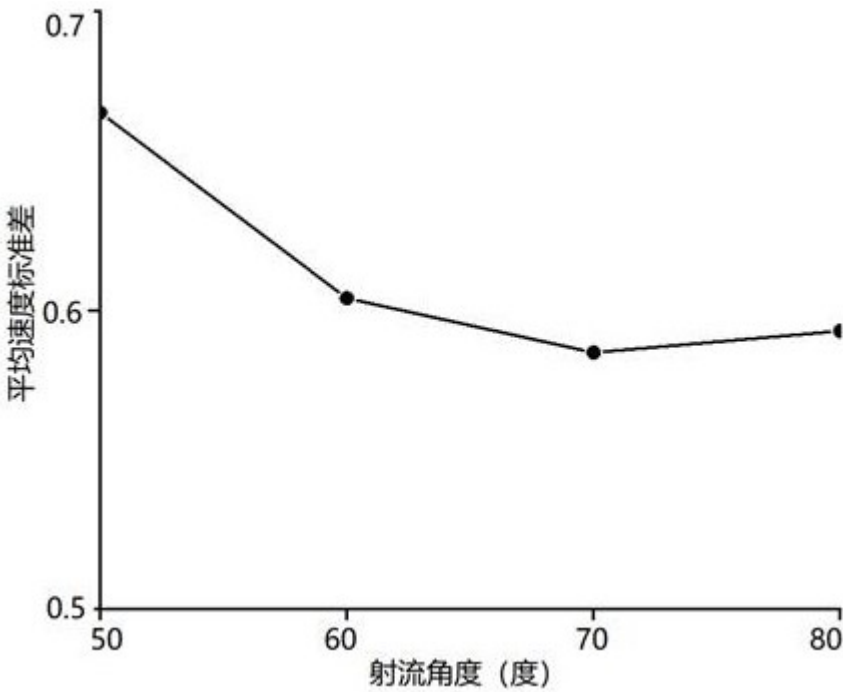


图5