



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114516553 B

(45) 授权公告日 2024. 11. 01

(21) 申请号 202210334951.7

B65G 65/32 (2006.01)

(22) 申请日 2022.03.31

B65G 47/82 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

B65G 43/08 (2006.01)

申请公布号 CN 114516553 A

B65G 15/32 (2006.01)

(43) 申请公布日 2022.05.20

B01F 27/85 (2022.01)

(73) 专利权人 宝钢资源控股(上海)有限公司

B01F 35/213 (2022.01)

地址 200080 上海市虹口区东大名路568号
3楼

B01F 35/221 (2022.01)

B01F 35/71 (2022.01)

B01F 35/82 (2022.01)

(72) 发明人 冒建军 周一

(56) 对比文件

(74) 专利代理机构 北京权智天下知识产权代理
事务所(普通合伙) 11638

CN 107774192 A, 2018.03.09

CN 108946205 A, 2018.12.07

CN 111806944 A, 2020.10.23

CN 113289541 A, 2021.08.24

专利代理师 卢超

审查员 游志伟

(51) Int. Cl.

B65G 69/10 (2006.01)

B65G 67/60 (2006.01)

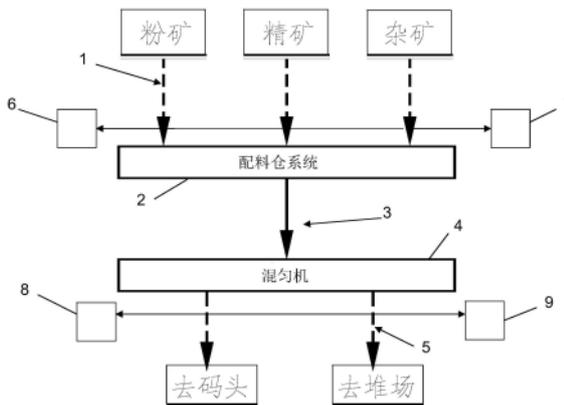
权利要求书2页 说明书14页 附图6页

(54) 发明名称

一种多品种铁矿石在港口的混匀生产系统
及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种多品种铁矿石在港口的混匀生产系统,包括上料输送系统、配料仓系统、中间输送系统、混匀机、下料输送系统、原料元素在线分析仪、原料水分在线检测仪、控制系统。本发明还公开了一种多品种铁矿石在港口的混匀生产方法。通过配料仓系统进行多品种铁矿石的配料,通过混匀机进行深度混匀,并通过在线实测各铁矿石及混匀矿的成分及水分率,进行配料及混料的智能调整,以直接在港口获得混匀度高且波动小的混匀矿成品,具有占地小、便于改造、耗能少、智能化高等优点。



1. 一种多品种铁矿石在港口的混匀生产方法,其特征在於,包括以下步骤:

S1. 根据多品种的铁矿石的商检成分及其预设的计划配比,设定铁矿石的混匀矿成品目标值,并以此预设圆盘给料机的给料速度;

S2. 通过上料输送系统的上料胶带机依次将港口堆料区域或码头卸船区域的多品种的铁矿石按品种依次输送至配料仓系统的对应料仓;

S3. 各料仓通过其圆盘给料机按预设的给料速度进行输出配料;

S4. 通过中间输送系统的中间胶带机将从各给料机输出的铁矿石输送至混匀机;

S5. 通过混匀机接收各品种铁矿石并进行按设定参数进行混料以形成混匀矿;

S6. 通过下料输送系统的下料胶带机将混匀后的混匀矿输送至港口堆料区域进行堆料或输送至码头直接装船;

在S2中,还通过原料元素在线分析仪对送至料仓前的各品种铁矿石依次进行在线检测其成分质量百分比,并发送至控制系统;通过原料水分在线检测仪对送至料仓前的各品种铁矿石依次进行在线检测其水分率,并发送至控制系统;通过控制系统根据接收的各品种铁矿石的实测成分质量百分比与实测水分率,结合混匀矿成品目标值进行计算,并对圆盘给料机的给料速度进行相应调整;

通过在已知约束范围内的多品种铁矿石原料中根据生产的目标要求寻求混匀矿目标成分满足技术指标要求且成本最低的配矿方案,再结合原料实测成分质量百分比、水分率参数,确定其对应的实际湿料给料量,进而调整对应的给料速度;

控制系统根据原料品种及其对应的动态实测元素成分、混匀矿目标成分、原料成本进行建模,动态计算各原料的干料配比,作为生产控制执行的目标配比,再根据干料配比、生产目标总量、含水率转化为每个料仓的实际需要的目标排料量,为湿料量;

所述建模包括:

$$\text{配矿模型: } \min G = P_1 \cdot C_1 + P_2 \cdot C_2 + \dots + P_j \cdot C_j + \dots + P_k \cdot C_k + \dots + P_n \cdot C_n$$

式中: P_j ($j=1, 2, \dots, n$) 是铁矿原料 j 的质量百分比%,其中 $1, 2, \dots, n$ 表示的是不同品种的铁矿石原料; C_j ($j=1, 2, \dots, n$) 是各种原料的单价,元/t; G 是铁矿原料总成本,元/t;

配料模型的约束关系式为:

$$\min[w(i) \cdot M_{\text{sinter}}] \leq \sum_{j=1}^n [w(i)_j \cdot P_j] \leq \max[w(i) \cdot M_{\text{sinter}}]$$

$$i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$$

式中: $w(i)_j$ 为铁矿原料 j 的化学成分 i ; $\min[w(i)]$ 和 $\max[w(i)]$ 分别表示铁矿石化学成分 i 的最小值和最大值; i 分别表示TFe、SiO₂、Al₂O₃;Msinter是混匀矿质量;

原料配比约束和质量守恒约束如下式:

$$\min P_j \leq P_j \leq \max P_j$$

$$\sum_{j=1}^n P_j = 100\%$$

采用线性规划法对方程求解,以获得最优配矿量;

在S2中,还通过控制系统根据各品种铁矿石的实测水分率对混匀机的控制参数进行相应调整,所述控制参数包括混合桶转速、搅拌桨转速及填充率。

2. 如权利要求1所述的多品种铁矿石在港口的混匀生产方法,其特征在於:在S6中,还通过混匀矿元素在线分析仪与混匀矿水分在线检测仪分别对混匀机输出的混匀矿进行成分质量百分比及水分率的在线检测,并发送至控制系统,通过控制系统根据接收的混匀矿

的实测成分质量百分比及水分率,动态修正各品种铁矿石的配比,进而对圆盘给料机的给料速度进行反馈调整,同时根据混匀矿的实测水分率对混匀机相应的控制参数进行反馈调整。

一种多品种铁矿石在港口的混匀生产系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种港口铁矿石处理技术,更具体地说,涉及一种多品种铁矿石在港口的混匀生产系统及方法。

背景技术

[0002] 矿石混配是一种矿石原料加工处理工艺。传统的矿石混配业务通常在钢厂、矿山附近进行。在港口开展矿石混配业务对钢厂和港口具有多重价值:对于钢厂(尤其是中小钢厂),可降低采购成本、物流成本和自主混矿成本,降低货物远距离运输的在途风险、降低库存、减少资金周转成本,有助于企业优化供应链;对于大型钢铁综合集团,可避免各分厂各自采购、粗放式混配,可实现统一采购、统一配料,有利于集团企业的降本增效,可减少由某一种或几种铁矿石采购限制或价格上涨而造成的成本大幅提高、无替代等影响;对于港口,可形成混矿现货市场,实现“矿山前移”,使产品更靠近终端消费市场端、更好的满足钢厂个性化需求,提升港口价值、拓展客户范围。

[0003] 目前,较为常用的铁矿原料混匀主要采用“平铺直取”的技术,该技术通过对原料一层层平铺(600~800层),再截取原料的方法来实现混匀。其原料混匀度大约为60%~70%,相应的混匀矿铁分波动允许偏差小于 $\pm 0.5\%$,二氧化硅波动允许偏差小于 $\pm 0.2\%$,满足《钢铁企业原料场工程设计标准》(GB/T 50541—2019)与《烧结厂设计规范》(GB/T 50408—2015)要求。但是,“平铺直取”技术存在自动化水平低、化学成分追溯性差、产品不可实时调整等缺陷,这些使得若在港口建设或改造“平铺直取”的配矿混矿项目,会存在混匀料场设施建设成本高、占地面积大,运营过程维护成本高、灵活性低(如生产一个混匀矿种产品就需要一个混匀料堆),更不能实时调整混匀矿的成分。

发明内容

[0004] 针对现有技术中存在的建设成本高、占地面积大,运营过程维护成本高、灵活性低、不能实时调整混匀矿成分的问题,本发明的目的是提供一种多品种铁矿石在港口的混匀生产系统及方法。

[0005] 为了解决上述技术问题,本发明采用如下的技术方案:

[0006] 一方面,本发明的一种多品种铁矿石在港口的混匀生产系统,包括:

[0007] 上料输送系统,包括数个上料胶带机,用以将港口堆料区域或码头卸船区域的多品种的铁矿石按品种依次输送至配料仓系统;

[0008] 配料仓系统,包括多个料仓,且每个料仓配有圆盘给料机,通过料仓按品种依次接收由上料输送系统送至的铁矿石,并通过圆盘给料机根据预设的给料速度进行输出配料;

[0009] 中间输送系统,包括中间胶带机,用以将从各圆盘给料机输出的铁矿石输送至混匀机;

[0010] 混匀机,接收各品种铁矿石并进行混料以形成混匀矿;

[0011] 下料输送系统,包括下料胶带机,用以将混匀后的混匀矿输送至港口堆料区域进

行堆料或输送至码头直接装船；

[0012] 原料元素在线分析仪,设于配料仓系统之前,对送至料仓前的各品种铁矿石依次进行在线检测其成分质量百分比,并发送至控制系统；

[0013] 原料水分在线检测仪,设于配料仓系统之前,对送至料仓前的各品种铁矿石依次进行在线检测其水分率,并发送至控制系统；

[0014] 控制系统,分别与圆盘给料机、原料元素在线分析仪、原料水分在线检测仪电连接,根据接收的各品种铁矿石的实测成分质量百分比与实测水分率,对圆盘给料机的给料速度进行相应调整。

[0015] 所述控制系统与混匀机电连接,根据接收的各品种铁矿石的实测水分率,对混匀机相应的控制参数进行调整。

[0016] 还包括混匀矿元素在线分析仪及混匀矿水分在线检测仪,分设于混匀机之后并与控制系统电连接,分别用以在线检测混匀机输出的混匀矿的成分质量百分比及水分率,并发送至控制系统,控制系统根据接收的混匀矿的实测成分质量百分比及水分率,动态修正各品种铁矿石的配比,进而对圆盘给料机的给料速度进行反馈调整,同时根据混匀矿的实测水分率对混匀机相应的控制参数进行反馈调整。

[0017] 所述配料仓系统还包括移动卸矿车,设于料仓上方,通过移动卸矿车将上料输送系统送至的多品种铁矿石依次卸入相应的料仓。

[0018] 所述料仓为斗状结构,上端为进料口,仓壁上设有空气炮,下部设有振动斗,所述圆盘给料机为设于仓底的排料设备,且配有电子皮带秤。

[0019] 所述混匀机为卧式混匀机或多桨立式混匀机。

[0020] 所述多桨立式混匀机包括纵向设置且能够旋转的混合桶、纵向设于混合桶内的多个搅拌桨、设于混合桶外并通过皮带转动机构与搅拌桨相连的驱动电机,混合桶设有进料口,下端设有卸料盘。

[0021] 另一方面,本发明的一种多品种铁矿石在港口的混匀生产方法,包括以下步骤:

[0022] S1. 根据多品种的铁矿石的商检成分及其预设的计划配比,设定铁矿石的混匀矿成品目标值,并以此预设圆盘给料机的给料速度；

[0023] S2. 通过上料输送系统的上料胶带机依次将港口堆料区域或码头卸船区域的多品种的铁矿石按品种依次输送至配料仓系统的对应料仓；

[0024] S3. 各料仓通过其圆盘给料机按预设的给料速度进行输出配料；

[0025] S4. 通过中间输送系统的中间胶带机将从各给料机输出的铁矿石输送至混匀机；

[0026] S5. 通过混匀机接收各品种铁矿石并进行按设定参数进行混料以形成混匀矿；

[0027] S6. 通过下料输送系统的下料胶带机将混匀后的混匀矿输送至港口堆料区域进行堆料或输送至码头直接装船；

[0028] 在S2中,还通过原料元素在线分析仪对送至料仓前的各品种铁矿石依次进行在线检测其成分质量百分比,并发送至控制系统;通过原料水分在线检测仪对送至料仓前的各品种铁矿石依次进行在线检测其水分率,并发送至控制系统;通过控制系统根据接收的各品种铁矿石的实测成分质量百分比与实测水分率,结合混匀矿成品目标值进行计算,并对圆盘给料机的给料速度进行相应调整。

[0029] 在S2中,还通过控制系统根据各品种铁矿石的实测水分率对混匀机的控制参数进

行相应调整,所述控制参数包括混合桶转速、搅拌桨转速及填充率。

[0030] 在S6中,还通过混匀矿元素在线分析仪与混匀矿水分在线检测仪分别对混匀机输出的混匀矿进行成分质量百分比及水分率的在线检测,并发送至控制系统,通过控制系统根据接收的混匀矿的实测成分质量百分比及水分率,动态修正各品种铁矿石的配比,进而对圆盘给料机的给料速度进行反馈调整,同时根据混匀矿的实测水分率对混匀机相应的控制参数进行反馈调整。

[0031] 采用本发明的一种多品种铁矿石在港口的混匀生产系统及方法,具有以下优点:

[0032] 1、生产出成品铁矿石混匀矿指标:铁分波动允许偏差 $\sigma \pm 0.45\%$,二氧化硅波动允许偏差 $\sigma \pm 0.18\%$,混匀度 $\geq 95\%$ 。优于目前钢厂采用的 \ll 平铺直取 \gg 工艺生产的铁矿石混匀矿的指标(铁分波动允许偏差 $\sigma \pm 0.5\%$,二氧化硅波动允许偏差 $\sigma \pm 0.2\%$,混匀度 $60\% - 70\%$),完全符合 \ll 钢铁企业原料场工程设计标准 \gg (GB/T50541-2019)要求,即铁分波动允许偏差 $\sigma \pm 0.5\%$,二氧化硅波动允许偏差 $\sigma \pm 0.3\%$ 。

[0033] 2、钢铁厂若使用本发明生产的铁矿石混匀矿后,厂内混匀矿工序可取消,沿海和沿江单品种铁矿石库存将大幅下降,根据钢铁厂产量规模大小和物流距离不同,每吨铁矿石使用成本将下降3-6元(人民币),同时由于铁矿石库存的下降可规避铁矿石市场波动带来的跌价风险。

[0034] 3、采用本发明生产铁矿石混匀矿,占地面积小,每吨混匀矿占地约为 4.3m^2 ,而目前钢铁厂平铺直取混匀工艺生产混匀矿的每吨混匀矿占地为 $30 - 48\text{m}^2$,将节省工厂宝贵的土地资源。

[0035] 4、采用本工艺生产铁矿石混匀矿,由于混匀矿的匀度可高达95%以上,混匀矿在烧结过程中透气性得到有效改善,烧结过程中负压降低,根据工业试验的结果表明:烧结的燃料耗量将下降,预计烧结的燃料比将下降1-6%。

附图说明

[0036] 下面结合附图和具体实施方式对发明进行详细说明:

[0037] 图1是本发明的多品种铁矿石在港口的混匀生产系统的原理图;

[0038] 图2是本发明的配料仓系统的结构示意图;

[0039] 图3是本发明的配料仓的结构示意图;

[0040] 图4是本发明的混匀机与配料仓系统布置的俯视示意图;

[0041] 图5是本发明的混匀机与缓冲仓的结构示意图;

[0042] 图6是本发明的多桨立式混匀机的结构示意图;

[0043] 图7是本发明的智能配料求解的控制流程图;

[0044] 图8是本发明的物料混匀度模型的原理示意图;

[0045] 图9是本发明的智能混匀求解的控制流程图。

具体实施方式

[0046] 本发明的多品种铁矿石在港口的混匀生产系统如图1所示,其主要包括依次设置的上料输送系统1、配料仓系统2、中间输送系统3、混匀机4、下料输送系统5及设于配料仓系统2之前的原料元素在线分析仪6与原料水分在线检测仪7,其中:

[0047] 上料输送系统1,包括数个上料胶带机,可通过斗轮机作业,将港口堆料区域或码头卸船区域内的多品种铁矿石,按品种依次输送至配料仓系统2。通常,铁矿石原料都是按品种堆料,例如粉矿、精矿、粗矿,又或者以产地细分的BPF、BHP、国王粉、中国BRBF等等,可通过相应的上料胶带机按品种依次进行输送;

[0048] 请结合图2所示,配料仓系统2,包括多个配料仓21,且每个配料仓21均在仓底配有圆盘给料机22,通过配料仓21按品种依次接收由上料输送系统1送至的铁矿石,例如,A品种铁矿石根据计划配比输入,从第一配料仓开始装,第一配料仓装满后装第二配料仓,若装至第N配料仓时A品种铁矿石装完,则B品种铁矿石从第N+1配料仓开始装,如此直至所有品种铁矿石全部装完。再通过圆盘给料机22根据预设的给料速度进行输出配料;结合图3所示,所述配料仓21为斗状结构,上端为进料口,仓壁上设有空气炮23,下部设有振动斗26,所述圆盘给料机22作为排料设备且每个圆盘给料机22还均配有电子皮带秤24,排出的铁矿石通过拖料皮带直拖(变频调速)输出。作为一个实施例,在某省海岛港口设计两条生产线,每条生产线设12个配料仓,共24个,单线配料仓的相关参数见表1:

[0049] 表1

物料品种	料仓数量	几何容积	有效容积	存储量	存储时间	出料量
粉矿	8 个	780m ³ /个	640m ³ /个	1600t/个	~3.2h	~500t/h·个
精矿	3 个	780m ³ /个	640m ³ /个	1600t/个	~6.4h	0~ 250t/h·个
杂料	1 个	780m ³ /个	640m ³ /个	1600t/个	~6.4h	0~ 250t/h·个
总计	12 个			19200t		4000~ 5000t/h

[0050] 说明:

[0051] 单线的配料仓包括:粉矿仓共8个,理论可存1—8种粉矿,建议实际运行不超过4种;精矿仓共3个,理论可存1~3种精矿;杂料仓1个,存1种杂料;12个配料仓同时工作。

[0052] 并且,配料仓系统2还包括移动卸矿车25,设于配料仓21上方,通过移动卸矿车25将上料输送系统1送至的多品种铁矿石依次卸入相应的料仓,该移动卸矿车25可采用RFID射频识别技术来实现小车精确定位,并可根据配料计划,结合各配料仓21库存量,预测各配料仓21内物料用尽时间,自动调度上料输送系统1,以实现智能补仓,确保后续配料生产的连续性。

[0053] 中间输送系统3,包括中间胶带机,用以将从各圆盘给料机22输出的铁矿石输送至混匀机4;

[0054] 混匀机4,如图4所示,用以接收各品种铁矿石并进行混料;该混匀机4可采用卧式混匀机或多桨立式混匀机,如图5所示,在进入混匀机4之前,还设有数个缓冲仓41,单仓存料量约250t,可实现缓冲时间约7.5min;为防止矿仓堵料,也在缓冲仓41的仓壁设空气炮及

振动器。为保护设备,在物料进入混匀机4前设有除杂筛42,将物料中夹杂的杂物(衬板、托辊、皮带、铁丝、大铁块等)清除。若采用上述两条生产线,则每条生产线可设两台混匀机,共4台。该混匀机可采用如图6所示的多桨立式混匀机,规格为 $\Phi 4500 \times 1200\text{mm}$,单台生产能力为2000t/h,每条生产线的生产能力为4000t/h。其主要包括纵向设置且能够旋转的混合桶43、设于混合桶43内的多个搅拌桨44(通常设计具有2—6个,其中以4个为较佳,每个搅拌桨44上由上至下分布有多个周向角度不一且横向设置的桨叶,其参数可见表2)、设于混合桶43外并通过皮带转动机构45与搅拌桨44相连的驱动电机46,混合桶43设有进料口,下端设有卸料盘。通过驱动电机46驱动多个搅拌桨44对桶内矿料进行强力充分混匀,以确保同一批次铁矿石的混匀矿的水分、成分、粒度等均匀分布。其混合桶、搅拌桨转速、填充率均能调整,从而可实现智能化控制,且采用此类多桨立式混匀机其混匀后混匀矿的混匀度高于较为常见的卧式混匀机,可高达95%以上。

[0056] 表2

设备名称		四桨立式混匀机
处理能力(t/h)		2000
混合时间(s)		40~60
物料堆积密度(t/m^3)		2.0~3.0
[0057] 搅拌桨参数	搅拌桨数量(个)	4
	1#主搅拌桨直径(mm)	1060
	转速(r/min)	180 (变频可调 140~200)
	电机功率(kw)	160
	2#和 3#副搅拌桨直径	960
	转速(r/min)	160 (变频可调 150~200)
	电机功率(kw)	160
	4#副搅拌桨直径(mm)	860
	转速(r/min)	160 (变频可调 150~200)
	电机功率(kw)	160
混合桶有效直径(mm)		4500
混合桶有效高度(mm)		1200
混合桶转速(r/min)		7
混合桶电机功率(kw)		2×45
[0058]	卸料盘转速(r/min)	30~50
	卸料盘开度	0~60°
	液压系统功率(kw)	15

[0059] 下料输送系统5,包括下料胶带机,用以将经混匀机4混匀后排出的混匀矿输送至

港口堆料区域进行堆料或输送至码头直接装船；

[0060] 原料元素在线分析仪6,设于配料仓系统2之前,较佳的为设置在靠近配料仓系统2输入位置,对送至配料仓21前的各品种铁矿石依次进行在线检测其成分质量百分比,并发送至控制系统;其可采用PGNAA(Prompt Gamma Neutron Activation Analysis瞬间伽玛中子活化分析)技术的在线分析仪,主要原理为:通过发出的中子打到原料上以产生伽玛射线重获稳定状态。对每一个元素来说,该过程中产生的伽玛射线能量级分布是唯一的。由闪烁晶体探测器探测到伽玛射线,产生光脉冲,再通过放大并处理这些脉冲,得到一个复合伽玛射线能谱。通过对复合能谱连续地分析,从而确定出单个元素的含量。通过此元素含量和质量流量,算出质量权重的平均元素组成。再由安装在原料元素在线分析仪6上游的皮带秤和转速计提供此质量流量,通过元素的分子重量比和对应的氧化物计算出相应成分质量百分比。

[0061] 该原料元素在线分析仪6根据需要可检测的项目如下:

[0062] 1、铁矿石常规元素分析项目:TFe、SiO₂、Al₂O₃、CaO、MgO、MnO₂、P、S;

[0063] 2、铁矿石有害微量分析项目:Na₂O、K₂O、As、Zn、Pb、TiO₂、Cu

[0064] 3、铁矿石随船质保单的项目:

[0065] 一级元素:TFe、SiO₂、Al₂O₃;

[0066] 二级元素:CaO、MgO、MnO₂;

[0067] 三级元素:Na₂O、K₂O、As、Zn、Pb、TiO₂、Cu、P、S。

[0068] 原料水分在线检测仪7,同样也设于配料仓系统2之前,对送至配料仓21前的各品种铁矿石依次进行在线检测其水分率,并发送至控制系统;其可采用如下原理的在线检测仪:

[0069] 通过微波快速烘干物料样品,采用称重传感器称量干燥前、后的物料重量,实时计算出物料的水分值,并通过模拟量通道(4—20mA)把数据传输给主PLC系统,并且HMI界面实时显示水分值,此类原料水分在线检测仪7的水分测量精度为±0.1%。

[0070] 当然,原料元素在线分析仪6及原料水分在线检测仪7并不仅限于基于上述原理的在线分析设备,还可以采用基于LIBS在线成分分析等在线分析设备。

[0071] 控制系统,分别与圆盘给料机22、原料元素在线分析仪6、原料水分在线检测仪7电连接,根据接收的各品种铁矿石的实测成分质量百分比与实测水分率,通过PLC对圆盘给料机22的给料速度进行相应调整。并且,控制系统还与混匀机4电连接,根据接收的各品种铁矿石的实测水分率,对混匀机4相应的控制参数诸如混合桶、搅拌浆转速、填充率等进行调整。

[0072] 该混匀生产系统还包括混匀矿元素在线分析仪8及混匀矿水分在线检测仪9,分设于混匀机4之后并与控制系统电连接,分别用以在线检测混匀机4输出的混匀矿的成分质量百分比及水分率,并发送至控制系统,控制系统根据接收的混匀矿的实测成分质量百分比及水分率,动态修正各品种铁矿石的配比,进而对圆盘给料机22的给料速度进行反馈调整,同时根据混匀矿的实测水分率对混匀机4相应的控制参数进行反馈调整。

[0073] 需要说明的是,混匀矿元素在线分析仪8及混匀矿水分在线检测仪9可采用与上述原料元素在线分析仪6及原料水分在线检测仪7相同的技术设备。并且,还可以根据需要加装混匀矿粒度检测设备,或者利用混匀矿水分在线检测仪9直接测出混匀矿的粒度组成以

及平均粒度。

[0074] 采用本发明的多品种铁矿石在港口的混匀生产系统的混匀生产方法,具体包括以下步骤:

[0075] S1.根据多品种的铁矿石的商检成分及其预设的计划配比,设定铁矿石的混匀矿成品目标值,并以此预设圆盘给料机22的给料速度;

[0076] S2.通过上料输送系统1的上料胶带机依次将港口堆料区域或码头卸船区域的多品种的铁矿石按品种依次输送至配料仓系统2的对应料仓;

[0077] S3.各料仓通过其圆盘给料机22按预设的给料速度进行输出配料;

[0078] S4.通过中间输送系统3的中间胶带机将从各给料机输出的铁矿石输送至混匀机4;

[0079] S5.通过混匀机4接收各品种铁矿石并进行按设定参数进行混料以形成混匀矿;

[0080] S6.通过下料输送系统5的下料胶带机将混匀后的混匀矿输送至港口堆料区域进行堆料或输送至码头直接装船;

[0081] 在S2中,还通过原料元素在线分析仪6对送至料仓前的各品种铁矿石依次进行在线检测其成分质量百分比,并发送至控制系统;通过原料水分在线检测仪7对送至料仓前的各品种铁矿石依次进行在线检测其水分率,并发送至控制系统;通过控制系统根据接收的各品种铁矿石的实测成分质量百分比与实测水分率,结合混匀矿成品目标值进行计算,并对圆盘给料机22的给料速度进行相应调整,以实现智能配料控制,具体原理如下:

[0082] 通过在已知约束范围内的多品种铁矿石原料中根据生产的目标要求(如以 SiO_2 为主、以 Al_2O_3 为主、或以特殊元素为主,并且侧板最优等)寻求混匀矿目标成分满足技术指标要求且成本最低的配矿方案,并形成建议的配比要求,再结合原料实测成分质量百分比、水分率等参数,确定其对应的实际湿料给料量,进而调整对应的给料速度。

[0083] 控制系统根据原料品种及其对应的动态实测元素成分、混匀矿目标成分、原料成本等进行建模,动态计算各原料的干料配比,作为生产控制执行的目标配比。再根据干料配比、生产目标总量、含水率转化为每个料仓的实际需要的目标排料量,为湿料量。

[0084] 上述建模包括:

[0085] 配矿模型: $\min G = P_1 \cdot C_1 + P_2 \cdot C_2 + \dots + P_j \cdot C_j + \dots + P_k \cdot C_k + \dots + P_n \cdot C_n$

[0086] 式中: P_j ($j=1,2,\dots,n$) 是铁矿原料j的质量百分比%,其中1,2,...,n表示的是不同品种的铁矿石原料; C_j ($j=1,2,\dots,n$) 是各种原料的单价,元/t;G是铁矿原料总成本,元/t。

[0087] 配料模型的约束条件主要包括化学成分约束、原料配比约束和质量守恒约束。其中铁矿石的化学成分约束主要包括 $\text{TFe}(\pm 0.5\%)$ 、

[0088] $\text{SiO}_2(\pm 0.05\%)$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3(\pm 0.03\%)$,通用的约束关系式下式所示:

[0089]
$$\min[w(i) \cdot M_{\text{sinter}}] \leq \sum_{j=1}^n [w(i)_j \cdot P_j] \leq \max[w(i) \cdot M_{\text{sinter}}]$$

$$i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$$

[0090] 式中: $w(i)_j$ 为铁矿原料j的化学成分i; $\min[w(i)]$ 和 $\max[w(i)]$ 分别表示铁矿石化学成分i的最小值和最大值;i分别表示 TFe 、 SiO_2 、 Al_2O_3 等; M_{sinter} 是混匀矿质量。

[0091] 原料配比约束和质量守恒约束如下式:

$$[0092] \quad \begin{cases} \min P_j \leq P_j \leq \max P_j \\ \sum_{j=1}^n P_j = 100\% \end{cases}$$

[0093] 采用线性规划法等最优化方法对方程求解,其流程可参考图7所示,以获得最优配矿量。

[0094] 在S2中,还通过控制系统根据各品种铁矿石的实测水分率对混匀机4的控制参数进行相应调整,所述控制参数包括混合桶转速、搅拌桨转速及填充率,以实现智能混匀控制,具体原理如下:

[0095] 在满足混匀矿中TFe、SiO₂、Al₂O₃等成分波动以及粒度混合均匀的条件下,混匀机4的能耗最低。

[0096] 以上述四桨立式混匀机为例,可采用的智能混匀模型为:

$$[0097] \quad \begin{cases} \min E = \int_{t_1}^{t_2} P_t(n_1, n_2, n_3, n_4, n_5) dt \\ \eta = f(n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6, n_7, T) \geq \eta_s \end{cases}$$

[0098] 式中:n₁为混匀桶转速,n₂为1#桨转速,n₃为2#桨转速,n₄为3#桨转速,n₅为4#桨转速,n₆为进料量,n₇为水分率,T为混匀周期,η_s为工艺所接受的最低混匀度,η为混匀度(约束条件),E为优化目标。

[0099] 混匀度是一个复杂的被控对象,不仅与混匀桶转速、各搅拌桨转速、物料填充率、料重、水分率和进料量等多种因素相关,因此采用改进型BP神经网络拟合相关变量与物料混匀度的复杂非线性关系,如图8所示,然后利用该关系模型构建混匀机4能耗寻优的解空间,通过粒子群算法(Particle Swarm Optimization,简称PSO)实现求解,获的最优参数配置。

[0100] 经典PSO算法主要通过当前粒子的位置和搜寻速度不断迭代更新来寻找全局最优,迭代更新公式如下:

$$[0101] \quad \begin{cases} V_i^{K+1} = W \times V_i^K + C_1 N_1 \times (P_i^K - X_i^K) + C_2 N_2 \times (P^K - X_i^K) \\ X_i^{K+1} = X_i^K + a V_i^{K+1} \end{cases}$$

[0102] 式中: $X_i^{K+1} = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{im})$ 为种群个体的初始位置;

[0103] $V_i^K = (V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{im})$ 为搜索速度; $P_i^K = (P_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{im})$ 为个体极值; P^K 为群体极值;上标K和K+1表示当前迭代次数;下标i表示群中的第i个粒子; C_1 和 C_2 为非负常数,代表跟踪学习因子,通常取值范围是1.5—2.0;W是惯性因子或权重因子,通常取值在0.4—0.9之间,它可以减缓粒子的运动速度,防止粒子向种群最优靠近时产生振荡;a是约束因子,是控制速度的权重。 N_1 和 N_2 代表两个互相独立的随机数,取值范围是[0,1]; V_i^K 是第K次迭代中,粒子i的搜索速度,介于 $[-V_{\max}, V_{\max}]$; X_i^K 是第K次迭代中,粒子i的当前位置,介于 $[-X_{\max}, X_{\max}]$ 。若速度和位置向量任一维超过范围则取其边界值;其中 V_{\max} 为常数,常取变量搜索空间的20%—40%; X_{\max} 也为常数,依具体问题由用户定义。

[0104] 通过优化方案,根据混匀矿成分波动要求设定的填充率、料重、粘结剂占比、水分率和进料量,给出能耗最小的混匀桶转速、搅拌桨转速及填充率等搭配方案,从而实现节能环保的目标,其求解控制流程如图9所示。

[0105] 在S6中,还通过混匀矿元素在线分析仪8与混匀矿水分在线检测仪9分别对混匀机4输出的混匀矿进行成分质量百分比及水分率的在线检测,并发送至控制系统,通过控制系统根据接收的混匀矿的实测成分质量百分比及水分率,动态修正各品种铁矿石的配比,进而对圆盘给料机22的给料速度进行反馈调整,同时根据混匀矿的实测水分率对混匀机4相应的控制参数进行反馈调整。

[0106] 需要说明的是,S6中的给料速度及控制参数的反馈调整与在S2中的给料速度及控制参数的调整所采用的方式相同,仅实测的对象及其参数不同,S2中的均为铁矿石原料的实测成分质量百分比与水分率,而S6中的则为经混匀机4混匀后的混匀矿的实测成分质量百分比与水分率。

[0107] 另外,对于混匀矿,其实测的水分率、成分质量百分比等作为多品种铁矿石混匀矿成品指标,还可用于指导工厂实际烧结参数设置的调整使用。

[0108] 实施例1

[0109] 某港口铁矿石品种及其预设的计划配比如下:

[0110] 表3

[0111]	品种	配比 (%)
	PB 澳粉	25
	西皮粉	11
	杨迪粉	8
	国王粉	11
[0112]	BRBF 粉	25
	巴西卡粉	7
	加拿大精	13
	氧化铁	0
	总计	100

[0113] 采用本发明的混匀生产系统及方法获得的混匀矿抽检1—6例的水分含量及混匀度经测如下:

[0114] 表4

序号	水分含量 (%)
1	6.05
2	5.92
3	5.63
4	6.26
5	5.85
6	6.01
平均值	5.953333333
标准差	0.211155551
混匀度	0.964531542

[0116] 混匀矿中TFe、SiO₂、Al₂O₃的波动值如表5所示,其远小于《钢铁企业原料场工程设计标准》和《烧结厂设计规范》(混匀料成品铁分波动的允许偏差范围应为±0.5%,二氧化硅波动的允许偏差范围应为±0.3%)的要求,证明了本发明的成分波动指标是先进的。

[0117] 表5

产品质量 w%			
序号	TFe	SiO ₂	Al ₂ O ₃
1	60.72	4.36	1.66
2	60.58	4.44	1.69
3	60.42	4.52	1.62
4	60.52	4.43	1.62
5	60.65	4.47	1.6
6	60.58	4.38	1.72
极差	0.3	0.16	0.12
平均值	60.57833333	4.4333333	1.65166667
波动值	0.103617888	0.0585377	0.04665476

[0119] 实施例2

[0120] 某港口铁矿石品种及其预设三种不同的计划配比实验如下:

[0121] 表6

序号	品种	Tfe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	S	实验 1	实验 2	实验 3	
1	PBF	61.500%	3.500%	2.300%	0.100%	0.025%	18%	27%	24%	
2	楠迪粉 (BHP)	57.000%	6.000%	1.700%	0.045%	0.030%	10%	11%	6%	
3	国王粉	57.300%	5.700%	1.800%	0.070%	0.035%	20%	22%	29%	
[0122]	4	WPF粉	60.300%	4.500%	2.350%	0.075%	0.025%	8%	0%	0%
5	混合粉	58.200%	5.600%	2.500%	0.070%	0.035%	5%	0%	0%	
6	中国BRBF	62.700%	4.800%	1.500%	0.070%	0.000%	25%	28%	30%	
7	卡粉	65.500%	1.800%	1.300%	0.060%	0.000%	6%	0%	0%	
8	加拿大精	66.000%	4.700%	0.310%	0.010%	0.006%	8%	12%	11%	
合计							100%	100%	100%	

[0123] 采用本发明的混匀生产系统及方法获得的实验1—3的混匀矿分别抽检6例的水分含量及混匀度经测如下：

[0124] 表7

实验一混匀度		实验二混匀度		实验三混匀度		
序号	水分含量 (%)	序号	水分含量 (%)	序号	水分含量 (%)	
1	6.29	1	6.32	1	5.89	
2	6.12	2	6.4	2	6.52	
3	5.67	3	6.18	3	5.86	
[0125]	4	6.26	4	5.81	4	6.13
5	5.98	5	5.92	5	6.37	
6	6.49	6	6.37	6	6.25	
平均值	6.135	平均值	6.16666667	平均值	6.17	
标准差	0.285008772	标准差	0.248005376	标准差	0.262678511	
混匀度	0.953543802	混匀度	0.959782912	混匀度	0.957426497	

[0126] 且各例的混匀矿的TFe、SiO₂、Al₂O₃的波动值分别见表8—10,依然证明了远小于允许偏差范围。

[0127] 表8

实验一 w%				
序号	TFe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	
1	60.18	4.69	1.75	
2	60.28	4.64	1.85	
3	60.31	4.78	1.76	
[0128]	4	60.4	4.59	1.67
5	60.4	4.75	1.69	
6	60.47	4.73	1.71	
极差	0.29	0.19	0.18	
平均值	60.34	4.6966667	1.73833333	
波动值	0.1041153	0.0714609	0.06462714	

[0129] 表9

实验二 w%			
序号	TFe	SiO ₂	Al ₂ O ₃
1	60.83	4.77	1.6
2	60.82	4.58	1.54
3	60.6	4.71	1.72
4	60.75	4.66	1.65
5	60.71	4.74	1.65
6	60.61	4.69	1.68
极差	0.23	0.19	0.18
平均值	60.72	4.69166667	1.64
波动值	0.0995992	0.06675827	0.06292853

[0131] 表10

实验三 w%			
序号	TFe	SiO ₂	Al ₂ O ₃
1	60.12	4.7	1.64
2	60.4	4.83	1.75
3	60.16	4.77	1.73
4	60.19	4.61	1.58
5	60.22	4.85	1.6
6	60.28	4.75	1.64
极差	0.28	0.24	0.17
平均值	60.228333	4.751667	1.65666667
波动值	0.1000833	0.088185	0.06889606

[0133] 而铁矿原料的深度混匀对烧结的影响见下表：

[0134] 表11

项目	常规混匀	铁矿原料深度混匀	结论
二次料场	有	二次料场取消	减少设备电耗、人力成本，每吨矿节省加工成本约 1 元
烧结主抽负压	16.79KPa	16.01KPa	混合料制粒效果改善，透气性提高，主抽负压降低 780Pa
烧结返矿率	177kg/t 铁	172kg/t 铁	返矿率降低 2.8%，烧结矿产量提高
C 消耗	62.45kg	59.46kg	C 消耗降低 4.8%
FeO 波动	6.17%-12.26%	7.32%-11.99%	烧结过程更稳定，均质烧结
FeO 平均值	9.25%	9.4%	烧结矿质量提高
烧结矿低温还原粉化	73.4%	66.88%	

[0135]

[0136] 综上所述,采用本发明的混匀生产系统及方法,与传统的平铺直取技术相比,具有下表中的多个优点:

[0137] 表12

[0138]

项目	本发明	平铺直取	结论
铁矿原料混匀度	>96%	50%~60%	混合更均匀
产品质量成份波动	TFe: $\pm 0.45\%$ SiO ₂ : $\pm 0.18\%$	TFe: $\pm 0.5\%$ SiO ₂ : $\pm 0.2\%$	成份波动更小
产品调整灵活性	根据客户需求实时调整	产品调整缓慢	更灵活
占地面积	占地面积小	每一种混匀矿对应一个料堆,占地面积大	占地面积更小,资金占用量少
能耗	混匀后可直拨装船	铁矿原料先落地平铺再直取	能源消耗更低,更节能
智能化	在线成份分析与水分检测	无	更智能

[0139] 并且,本发明不仅可根据客户对混匀矿某一种或多种成分约束需求,进行相应调整生产,而且在某些品种铁矿石原料在受限时,可灵活采用其他品种的铁矿石进行替代,避

免或减少受铁矿石来源的制约,亦可由港口根据现有品种的铁矿石自主设计生产通用的混匀矿成品。

[0140] 但是,本技术领域中的普通技术人员应当认识到,以上的实施例仅是用来说明本发明,而并非用作为对本发明的限定,只要在本发明的实质精神范围内,对以上所述实施例的变化、变型都将落在本发明的权利要求书范围内。

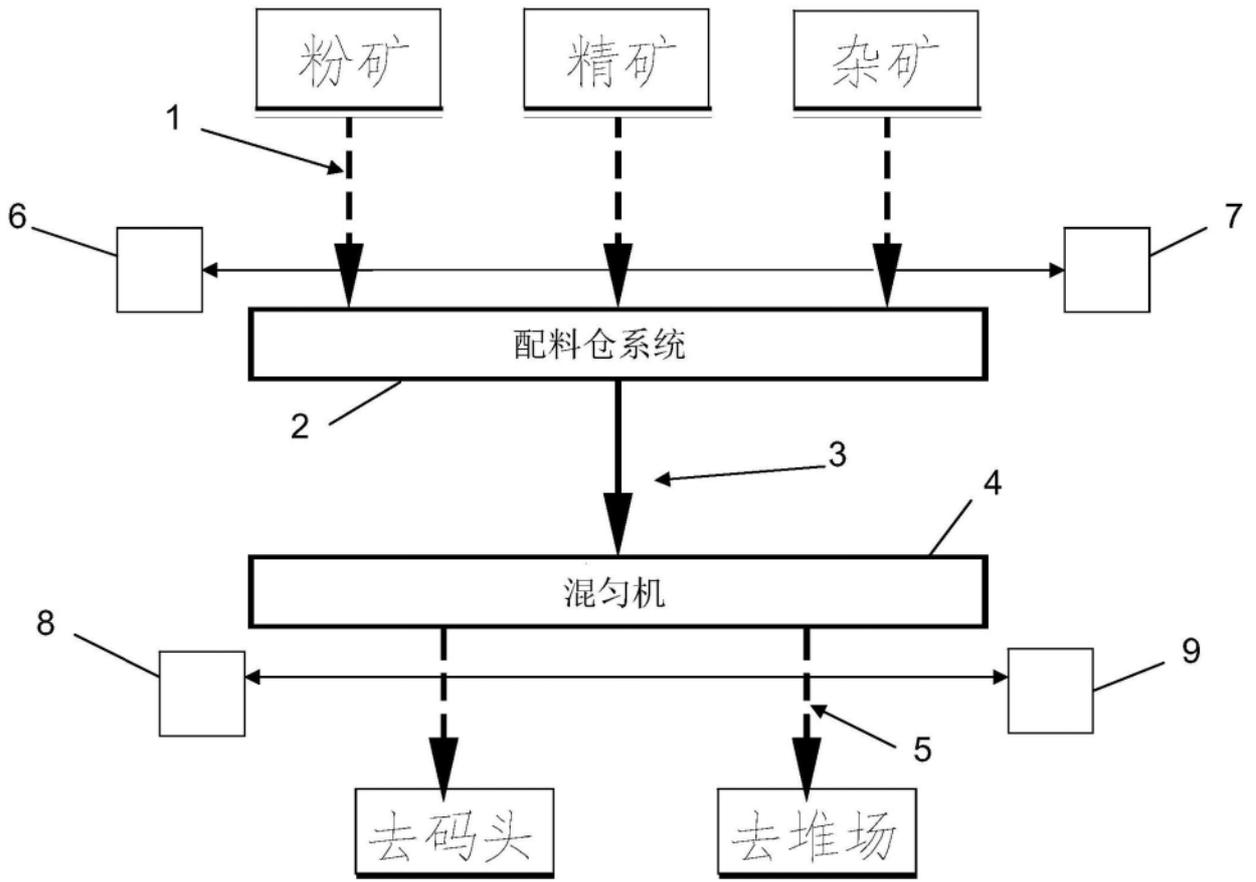


图1

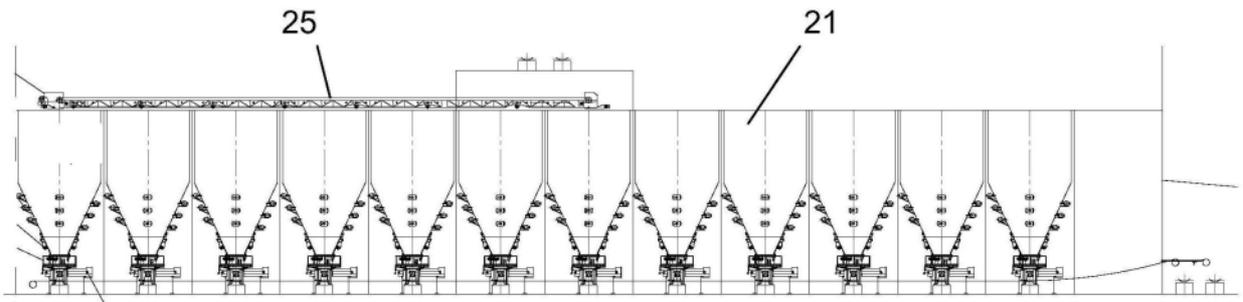


图2

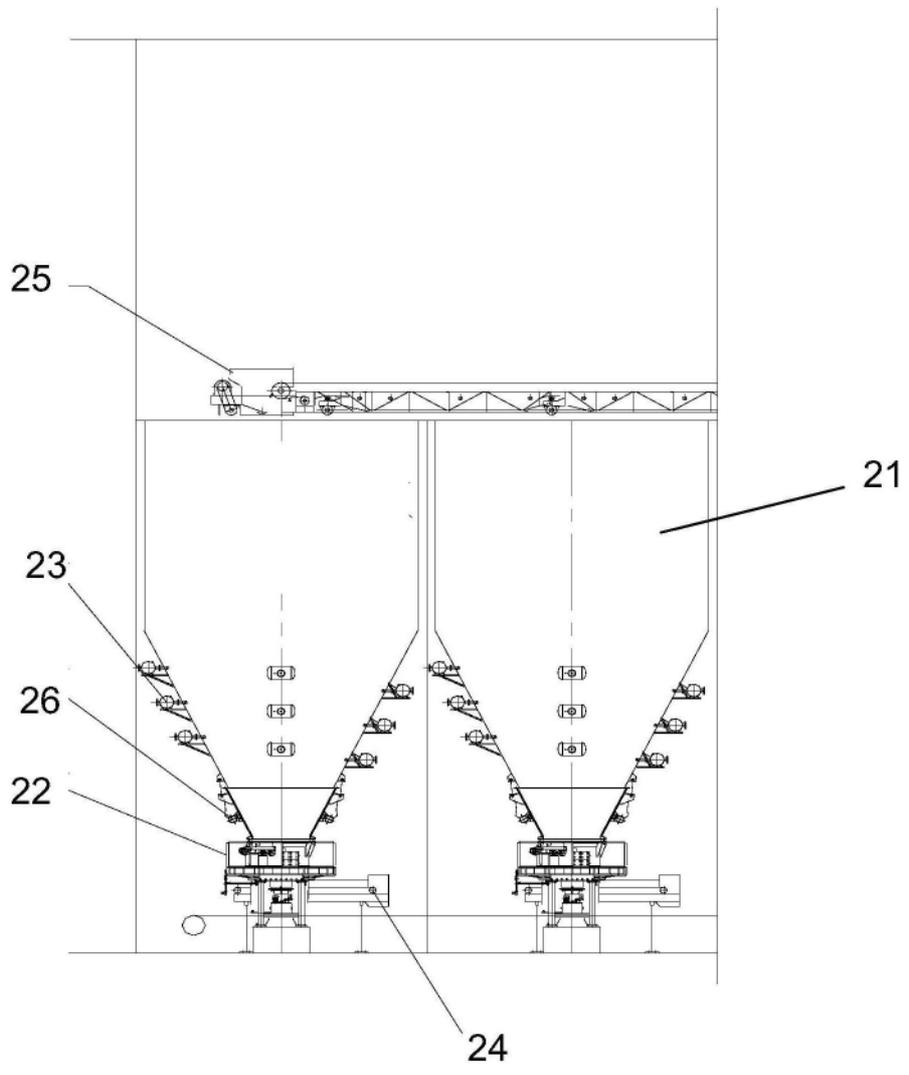


图3

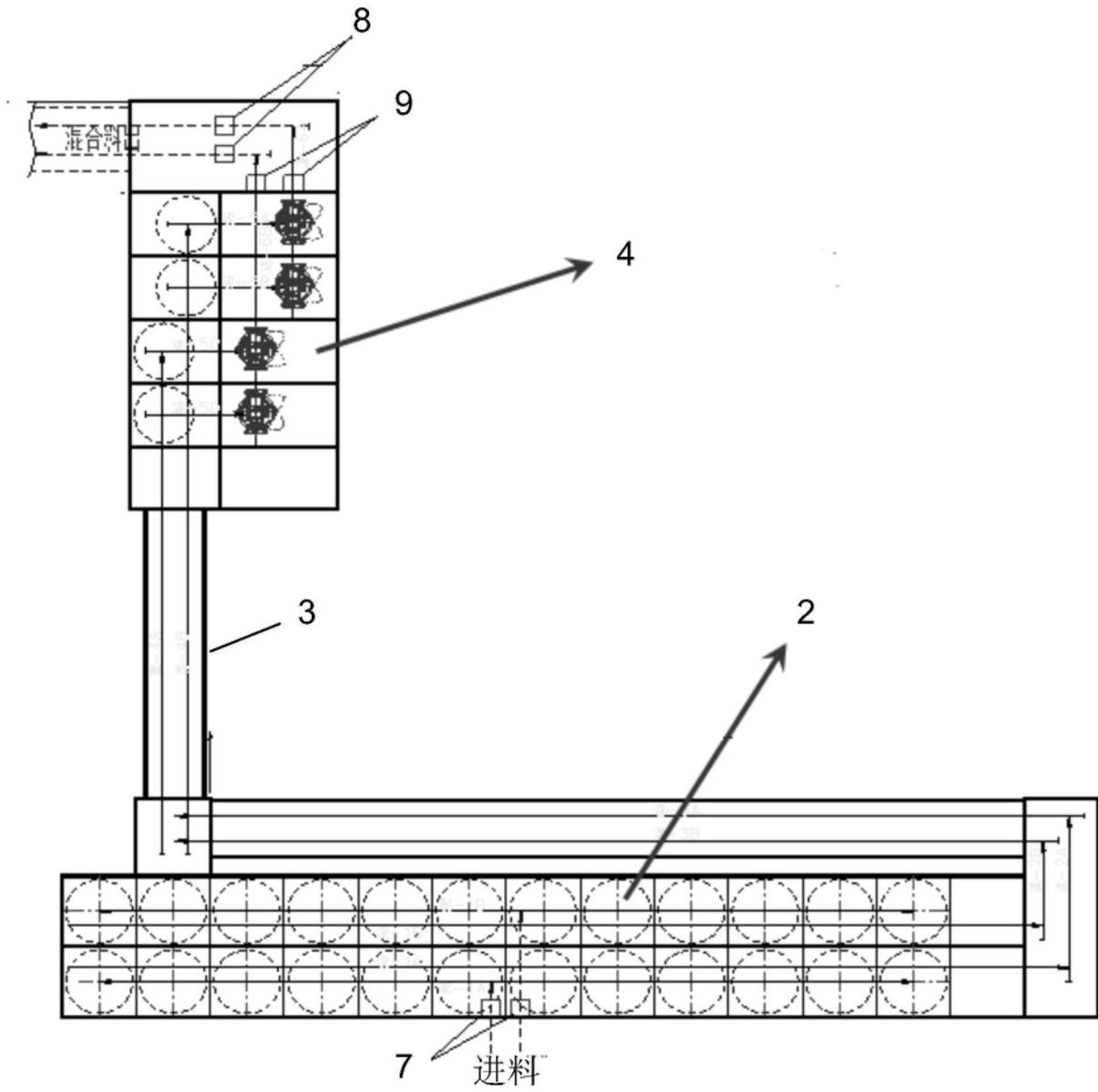


图4

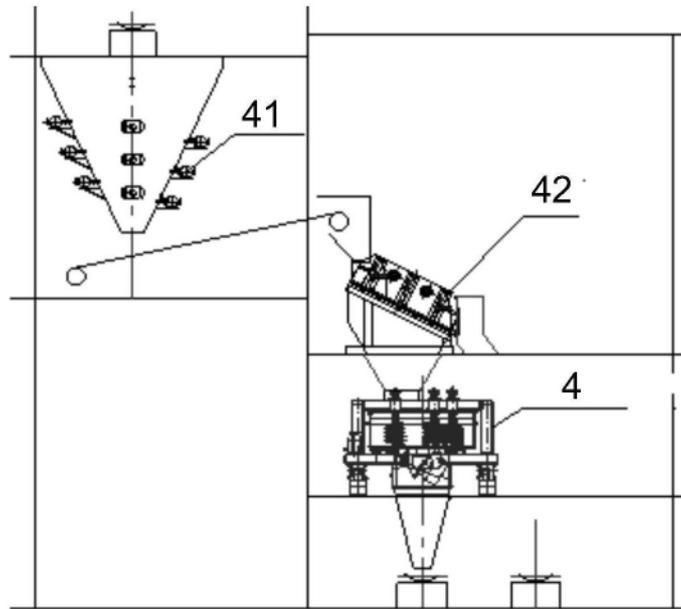


图5

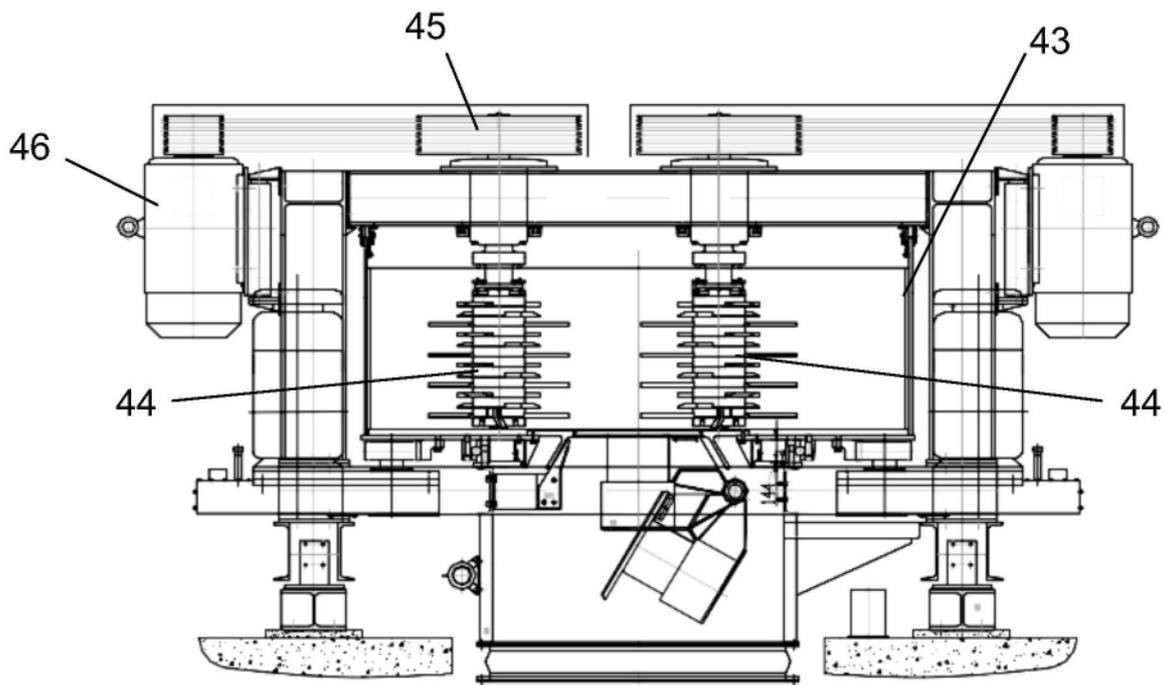


图6

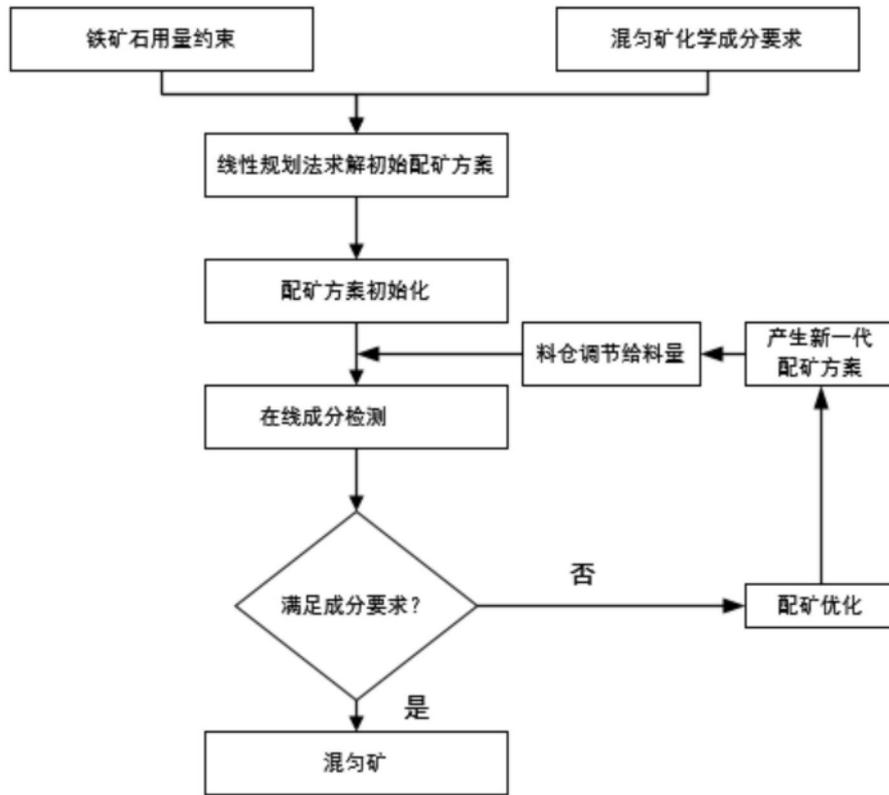


图7

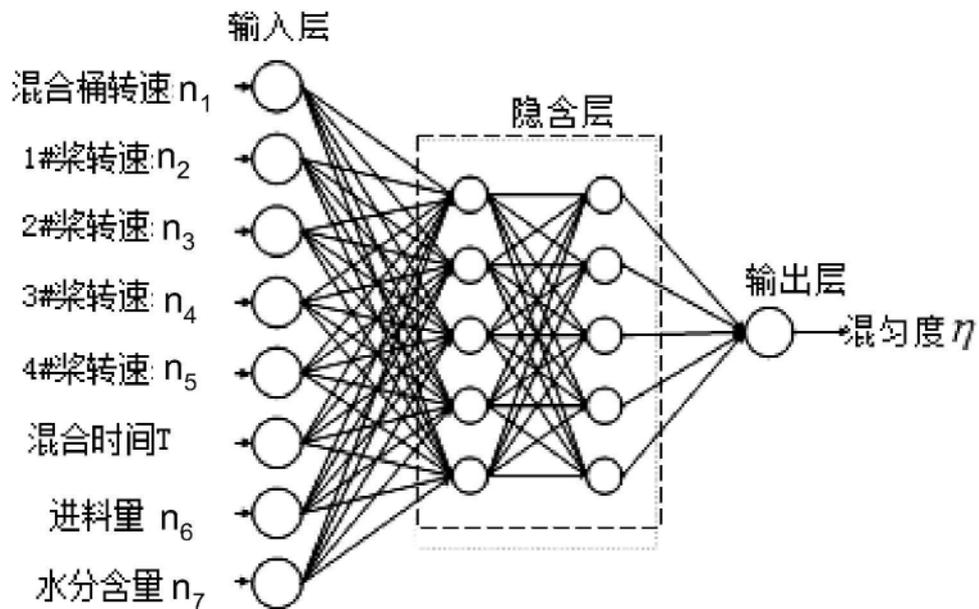


图8

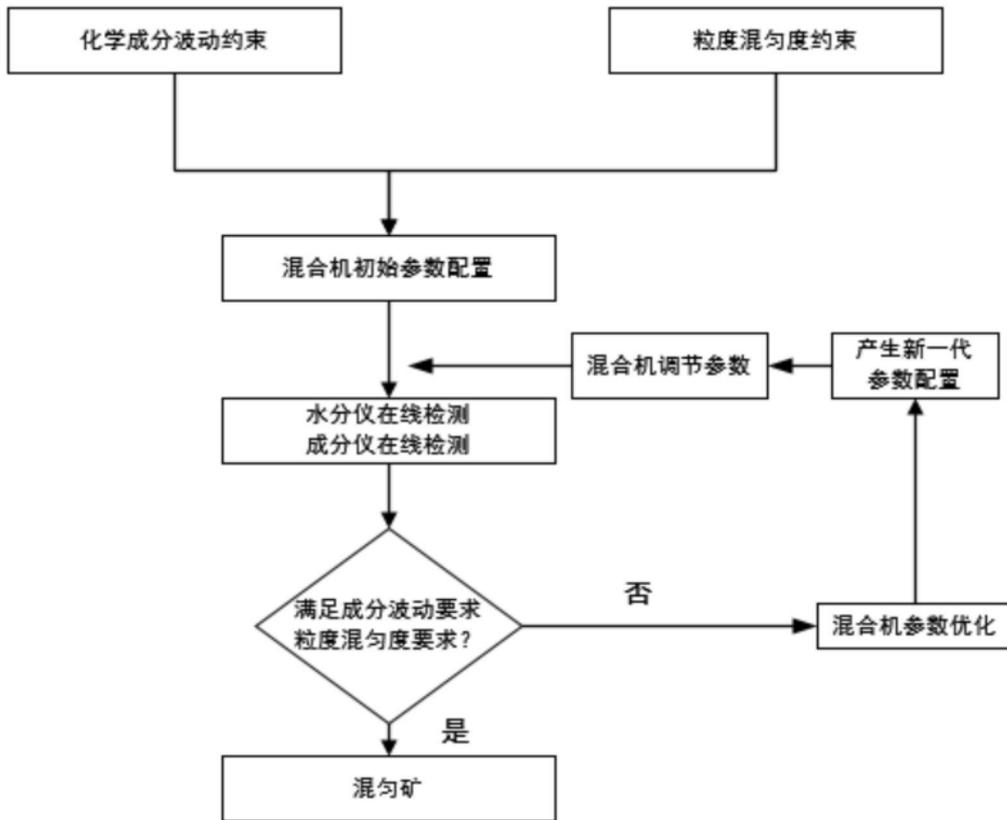


图9