



(21) 申请号 201711143367.9

(22) 申请日 2017.11.17

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107913849 A

(43) 申请公布日 2018.04.17

(73) 专利权人 天津水泥工业设计研究院有限公司

地址 300400 天津市北辰区引河里北道1号

(72) 发明人 豆海建 王维莉 王文荟 杜鑫
贺孝一 张明飞 秦中华

(74) 专利代理机构 天津市鼎和专利商标代理有限公司 12101

专利代理师 李凤

(51) Int. Cl.

B07B 7/083 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 207941711 U, 2018.10.09

WO 2017144837 A1, 2017.08.31

JP 2015009325 A, 2015.01.19

CN 104475195 A, 2015.04.01

CN 106281483 A, 2017.01.04

审查员 郝丞艺

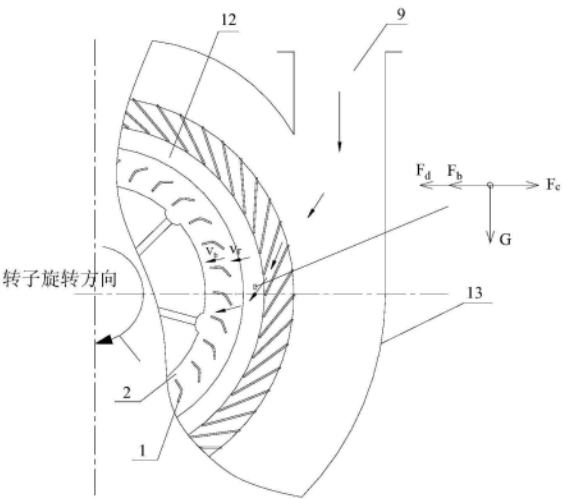
权利要求书2页 说明书11页 附图10页

(54) 发明名称

一种向心高效选粉机及选粉机设计方法

(57) 摘要

本发明涉及一种向心高效选粉机,包括选粉机壳体,设置在选粉机上部的成品出口;连接选粉机壳体的进风口和喂料口;位于选粉机壳体下端的粗粉收集锥;安装在选粉机壳体内的选粉机转子,设置选粉机转子的上方和下方的动叶片,对应动叶片位置所述选粉机壳体上安装有静叶片;所述动叶片包括外风翅段、内风翅段,所述外风翅段和内风翅段之间圆弧过渡;本发明还提供一种向心高效选粉机及选粉机设计方法。本发明向心分选选粉机的技术效果综合CFD理论分析、试验室试验、工业应用生产数据,主要体现在选粉机阻力低、选粉效率高、分选清晰度高等方面。



1. 一种向心高效选粉机设计方法, 其特征在于: 包括如下步骤:

1) 根据分选不同物料的适宜选粉浓度 C_s (g/m^3) 和选粉机设计能力 P (t/h), 计算选粉风量 Q (m^3/h):

$$Q = 1000000 \times P / C_s \quad (1)$$

2) 转子高径比 $H/D = 0.4 \sim 0.5$;

3) 由选粉风量 Q (m^3/h)、高径比 H/D , 转子径向风速 V_r (m/s), 计算动叶片回转直径 D (mm):

$$D = 16.7 \sqrt{\frac{Q}{\pi V_r (H/D)}} \quad (2)$$

4) 由动叶片回转直径 D (mm)、高径比 H/D , 计算动叶片有效高度 H (mm):

$$H = D * (H/D) \quad (3)$$

5) 由转子动叶片回转直径 D (mm) 计算动叶片的截面结构及参数:

6) 根据计算得到的动叶结构参数, 绘制动叶片方案图;

7) 根据动叶片方案图、动叶片回转直径 D (mm)、动叶片的外风翅段长度, 动叶片间隙风速 V_b (m/s), 相邻动叶片最短间隙 D_b (mm), 计算动叶片数目 N_b :

$$N_b = \frac{277.8Q}{V_b D_b H} \quad (4)$$

8) 向心分选动叶片的外风翅段的布置方向沿转子旋转方向设置在选粉机转子上;

9) 启动选粉机, 实现向心选粉。

2. 根据权利要求1所述的向心高效选粉机设计方法, 其特征在于: 所述动叶片包括外风翅段、内风翅段, 所述外风翅段和内风翅段之间圆弧过渡; 由转子动叶片回转直径 D (mm) 计算动叶片的截面结构参数为: 外风翅段的长度 $L1 = (25 \sim 35) D / 1000$ (mm); 内风翅段的长度 $L2 = (20 \sim 30) D / 1000$ (mm); 外风翅段和内风翅段之间外圆弧半径 $R = (25 \sim 30) D / 1000$ (mm), 外风翅段与内风翅段的夹角 $\beta = 120 \pm 10^\circ$, 内风翅段与水平线的夹角 $\alpha = 15 \pm 5^\circ$; 动叶片的厚度 $t = 10 \sim 20 \text{mm}$ 。

3. 根据权利要求1所述的向心高效选粉机设计方法, 其特征在于: 所述动叶片包括外风翅段、中风翅段、内风翅段, 所述中风翅段与外风翅段、内风翅段之间圆弧过渡; 由转子动叶片回转直径 D 计算动叶片的截面结构参数为: 外风翅段的长度 $L1 = (25 \sim 35) D / 1000$ (mm); 内风翅段的长度 $L2 = (20 \sim 30) D / 1000$ (mm); 中风翅段的长度 $L3 = (10 \sim 20) D / 1000$ (mm), 中风翅段与外风翅段之间外圆弧 $R1 = (15 \sim 20) D / 1000$ (mm), 中风翅段与内风翅段之间外圆弧 $R2 = (10 \sim 18) D / 1000$ (mm), 外风翅段与中风翅段夹角 $\beta = 50 \pm 10^\circ$, 内风翅段与中风翅段的夹角 $\alpha = 15 \pm 5^\circ$; 动叶片的厚度 $t = 10 \sim 20 \text{mm}$ 。

4. 根据权利要求1所述的向心高效选粉机设计方法, 其特征在于: 所述步骤7) 中所述相邻动叶片最短间隙 D_b 为动叶片的外风翅段长度的 1.5 ± 0.5 倍。

5. 根据权利要求1所述的向心高效选粉机设计方法, 其特征在于: 所述物料为水泥生料, 选粉浓度 C_s 为 $600 \text{g}/\text{m}^3$, 转子径向风速 $V_r = 4.0 \pm 0.5 \text{m}/\text{s}$, 动叶片间隙风速 $V_b = 5 \pm 0.5 \text{m}/\text{s}$ 。

6. 根据权利要求1所述的向心高效选粉机设计方法, 其特征在于: 所述物料为煤、水泥, 选粉浓度 C_s 为 $450 \text{g}/\text{m}^3$; 转子径向风速 $V_r = 3.5 \pm 0.5 \text{m}/\text{s}$; 动叶片间隙风速 $V_b = 4.5 \pm 0.5 \text{m}/\text{s}$ 。

7. 根据权利要求1所述的向心高效选粉机设计方法, 其特征在于: 所述物料为矿渣, 选粉浓度 C_s 为 $350\text{g}/\text{m}^3$; 转子径向风速 $V_r = 3 \pm 0.5\text{m}/\text{s}$; 动叶片间隙风速 $V_b = 4 \pm 0.5\text{m}/\text{s}$ 。

8. 一种向心高效选粉机, 包括选粉机壳体, 设置在选粉机上部的成品出口; 连接选粉机壳体的进风口和喂料口; 位于选粉机壳体下端的粗粉收集锥; 安装在选粉机壳体内部的选粉机转子, 设置选粉机转子的上方和下方的动叶片, 对应动叶片位置所述选粉机壳体上安装有静叶片; 其特征在于: 所述动叶片包括外风翅段、内风翅段, 所述外风翅段和内风翅段之间圆弧过渡; 所述动叶片的外风翅段的布置方向沿转子旋转方向设置在选粉机转子上; 外风翅段的长度 $L1 = (25 \sim 35) D/1000(\text{mm})$, 内风翅段的长度 $L2 = (20 \sim 30) D/1000(\text{mm})$; 外风翅段和内风翅段之间外圆弧半径 $R = (25 \sim 30) D/1000(\text{mm})$, 外风翅段与内风翅段的夹角 $\beta = 120 \pm 10^\circ$, 内风翅段与水平线的夹角 $\alpha = 15 \pm 5^\circ$; 动叶片的厚度 $t = 10 \sim 20\text{mm}$, 所述相邻动叶片最短间隙为动叶片的外风翅段长度的 1.5 ± 0.5 倍, 上述的 D 表示动叶片回转直径。

9. 一种向心高效选粉机, 包括选粉机壳体, 设置在选粉机上部的成品出口; 连接选粉机壳体的进风口和喂料口; 位于选粉机壳体下端的粗粉收集锥; 安装在选粉机壳体内部的选粉机转子, 设置选粉机转子的上方和下方的动叶片, 对应动叶片位置所述选粉机壳体上安装有静叶片; 其特征在于: 所述动叶片包括外风翅段、中风翅段、内风翅段, 所述中风翅段与外风翅段、内风翅段之间圆弧过渡; 所述外风翅段的长度 $L1 = (25 \sim 35) D/1000(\text{mm})$; 内风翅段的长度 $L2 = (20 \sim 30) D/1000(\text{mm})$; 中风翅段的长度 $L3 = (10 \sim 20) D/1000(\text{mm})$, 中风翅段与外风翅段之间外圆弧 $R1 = (15 \sim 20) D/1000(\text{mm})$, 中风翅段与内风翅段之间外圆弧 $R2 = (10 \sim 18) D/1000(\text{mm})$, 外风翅段 $L1$ 与中风翅段夹角 $\beta = 50 \pm 10^\circ$, 内风翅段与中风翅段的夹角 $\alpha = 15 \pm 5^\circ$; 动叶片的厚度 $t = 10 \sim 20\text{mm}$; 所述相邻动叶片最短间隙为动叶片的外风翅段长度的 1.5 ± 0.5 倍, 上述的 $D(\text{mm})$ 表示动叶片回转直径。

10. 根据权利要求8或9所述的向心高效选粉机, 其特征在于: 所述喂料口在选粉机壳体的上部、选粉机壳体侧面或者设置在选粉机壳体的下端。

一种向心高效选粉机及选粉机设计方法

技术领域

[0001] 本发明属于粉磨技术领域,特别是涉及一种向心高效选粉机及选粉机设计方法。

背景技术

[0002] 选粉机技术随着圈流球磨系统的应用而发展,经历了离心式选粉机(第一代)、旋风式选粉机(第二代)、高效笼型选粉机(第三代)的发展过程。高效笼型选粉机最早由日本小野田公司于1979发明,随后广泛应用于球磨机和立磨系统的各种物料、各种细度产品的粉磨系统,1987年中国国家建材局组织引进了该项技术。自笼型选粉机问世以来的30多年间,其结构形式出现了多种变化,产品种类层出不穷,但是核心原理基本相同:由外圈固定导风叶片和内部柱式笼型转子组成,依靠控制气体携带力、物料自重力和转子离心力三力的平衡对物料进行分选,其选粉原理图见图14和图15。

[0003] 传统的三力平衡选粉机的工作原理如下:出磨物料由提升机经由选粉机的喂料口5喂入选粉机,在重力的作用下,喂入选粉机的物料进入撒料盘6。撒料盘6跟随选粉机转子2以一定的速度转动,带动落入其上的待分选的物料旋转,待分选物料在离心力的作用下被抛撒至缓冲板7,并得到打散,然后在重力的作用下落入介于动叶片1、3和静叶片8之间的选粉区。一、二次风经进风口9进入选粉机,然后流经静叶片8进入选粉区12,进入选粉区的气流在转子动叶片1、3带动和静叶片8导流的双重作用下随转子转动,同时流经转子动叶片1、3,最后经转子内部及选粉机出口离开选粉机。落入选粉区的物料颗粒跟随选粉区旋转气流运动,受到图15所示的拉曳力 F_d 、重力 G 、离心力 F_c ,并按下述条件产生粗细分级:

[0004] 1) 对于 $F_d \geq F_c$ 的颗粒,一方面在重力 G 的作用下做沉降运动,设颗粒在选粉区高度 H 的沉降时间为 t_1 ,另一方面在 F_d 、 F_c 合力作用下随气流向转子内部运动,设穿越选粉区间宽度 S 的时间为 t_2 ,如果 $t_1 > t_2$,则颗粒就能进入转子内部成为细粉成品,如果 $t_1 < t_2$,则进入粗粉收集锥11。

[0005] 2) 对于 $F_d < F_c$ 的颗粒,颗粒一方面在 F_d 、 F_c 合力作用下向静叶片做离心运动,同在重力作用下最终落入粗粉收集锥11。

[0006] 对于给定的颗粒,拉曳力 F_d ,主要由选粉区的风速控制,在静叶片角度固定不变的条件下,由进入选粉机的风量控制,实际上也即由系统风机控制,在给定的粉磨系统中,由于风机选型已定,因此 F_d 的最大值基本上是固定的;离心力 F_c 主要由选粉机转子2的转速控制,此外静叶片角度对其也有影响,但对于静叶片不可调的选粉机或者处于工作中的选粉机,主要由转子2的转速控制。

[0007] 根据工业生产实践及理论分析,三力平衡选粉机原理主要存在如下不足:1) 工作状态下,动叶片1跟随转子2转动,带动穿越动叶片间隙的气流转动,在离心力的作用下位于动叶片间隙的气流会产生离心动压,增加后续气流的流动阻力,即增加选粉阻力损失;2) 颗粒拉曳力 F_d 同选粉机转速无明显关系(理论上严格说随选粉机转速的增加而减少),而离心力 F_c 同选粉机转速的平方成正比例关系,因此选粉效率随选粉机转速的增加而降低,尤其是在分选水泥等高细度的成品时,这种现象更为明显,从而降低粉磨效率、增加系统电

耗。

发明内容

[0008] 本发明为解决公知技术中存在的技术问题而提供一种选粉机阻力低、选粉效率高、分选清晰度高的向心高效选粉机及选粉机设计方法。

[0009] 本发明为解决公知技术中存在的技术问题所采取的技术方案是：

[0010] 一种向心高效选粉机设计方法，其特征在于：包括如下步骤：

[0011] 1) 根据分选不同物料的适宜选粉浓度 C_s (g/m^3) 和选粉机设计能力 P (t/h)，计算选粉风量 Q (m^3/h)：

$$[0012] \quad Q = 1000000 \times P / C_s \quad (1)$$

[0013] 2) 转子高径比 $H/D = 0.4 \sim 0.5$ ；

[0014] 3) 由选粉风量 Q (m^3/h)、高径比 H/D ，转子径向风速 V_r (m/s)，计算动叶片回转直径 D (mm)：

$$[0015] \quad D = 16.7 \sqrt{\frac{Q}{\pi V_r (H/D)}} \quad (2)$$

[0016] 4) 由动叶片回转直径 D (mm)、高径比 H/D ，计算动叶片有效高度 H (mm)：

$$[0017] \quad H = D * (H/D) \quad (3)$$

[0018] 5) 由转子直径 D (mm) 计算动叶片的截面结构及参数：

[0019] 6) 根据计算得到的动叶结构参数，绘制动叶片方案图；

[0020] 7) 根据动叶片方案图、动叶片回转直径 D (mm)、动叶片的外风翅段长度，动叶片间隙风速 V_b (m/s)，相邻动叶片最短间隙 D_b (mm)，计算动叶片数目 N_b ：

$$[0021] \quad N_b = \frac{277.8Q}{V_b D_b H} \quad (4)$$

[0022] 8) 向心分选动叶片的外风翅段的布置方向沿转子旋转方向设置在选粉机转子上；

[0023] 9) 启动选粉机，实现向心选粉。

[0024] 所述动叶片包括外风翅段、内风翅段，所述外风翅段和内风翅段之间圆弧过渡；由转子动叶片回转直径 D (mm) 计算动叶片的截面结构参数为：外风翅段的长度 $L1 = (25 \sim 35) D/1000$ (mm)；内风翅段的长度 $L2 = (20 \sim 30) D/1000$ (mm)；外风翅段和内风翅段之间外圆弧半径 $R = (25 \sim 30) D/1000$ (mm)，外风翅段与内风翅段的夹角 $\beta = 120 \pm 10^\circ$ ，内风翅段与水平线的夹角 $\alpha = 15 \pm 5^\circ$ ；动叶片的厚度 $t = 10 \sim 20 \text{mm}$ 。

[0025] 所述动叶片包括外风翅段、中风翅段、内风翅段，所述中风翅段与外风翅段、内风翅段之间圆弧过渡；由转子动叶片回转直径 D (mm) 计算动叶片的截面结构参数为：外风翅段的长度 $L1 = (25 \sim 35) D/1000$ (mm)；内风翅段的长度 $L2 = (20 \sim 30) D/1000$ (mm)；中风翅段的长度 $L3 = (10 \sim 20) D/1000$ (mm)，中风翅段与外风翅段之间外圆弧 $R1 = (15 \sim 20) D/1000$ (mm)，中风翅段与内风翅段之间外圆弧 $R2 = ((10 \sim 18) D/1000$ (mm)，外风翅段与中风翅段夹角 $\beta = 50 \pm 10^\circ$ ，内风翅段与中风翅段的夹角 $\alpha = 15 \pm 5^\circ$ ；动叶片的厚度 $t = 10 \sim 20 \text{mm}$ 。

[0026] 所述步骤7)中所述相邻动叶片最短间隙 D_b 为动叶片的外风翅段长度的 1.5 ± 0.5 倍。

[0027] 所述物料为水泥生料,选粉浓度 C_s 为 $600\text{g}/\text{m}^3$,转子径向风速 $V_r=4.0\pm 0.5\text{m}/\text{s}$,动叶片间隙风速 $V_b=5\pm 0.5\text{m}/\text{s}$ 。

[0028] 所述物料为煤、水泥,选粉浓度 C_s 为 $450\text{g}/\text{m}^3$;转子径向风速 $V_r=3.5\pm 0.5\text{m}/\text{s}$;动叶片间隙风速 $V_b=4.5\pm 0.5\text{m}/\text{s}$ 。

[0029] 所述物料为矿渣,选粉浓度 C_s 为 $350\text{g}/\text{m}^3$;转子径向风速 $V_r=3\pm 0.5\text{m}/\text{s}$;动叶片间隙风速 $V_b=4\pm 0.5\text{m}/\text{s}$ 。

[0030] 一种向心高效选粉机,包括选粉机壳体,设置在选粉机上部的成品出口;连接选粉机壳体的进风口和喂料口;位于选粉机壳体下端的粗粉收集锥;安装在选粉机壳体内部的选粉机转子,设置选粉机转子的上方和下方的动叶片,对应动叶片位置所述选粉机壳体上安装有静叶片;其特征在于:所述动叶片包括外风翅段、内风翅段,所述外风翅段和内风翅段之间圆弧过渡;所述动叶片的外风翅段的布置方向沿转子旋转方向设置在选粉机转子上;外风翅段的长度 $L1=(25\sim 35)D/1000$,内风翅段的长度 $L2=(20\sim 30)D/1000$;外风翅段和内风翅段之间外圆弧半径 $R=(25\sim 30)D/1000$,外风翅段与内风翅段的夹角 $\beta=120\pm 10^\circ$,内风翅段与水平线的夹角 $\alpha=15\pm 5^\circ$;动叶片的厚度 $t=10\sim 20\text{mm}$,所述相邻动叶片最短间隙为动叶片的外风翅段长度的 1.5 ± 0.5 倍,上述的 D 表示动叶片回转直径。

[0031] 一种向心高效选粉机,包括选粉机壳体,设置在选粉机上部的成品出口;连接选粉机壳体的进风口和喂料口;位于选粉机壳体下端的粗粉收集锥;安装在选粉机壳体内部的选粉机转子,设置选粉机转子的上方和下方的动叶片,对应动叶片位置所述选粉机壳体上安装有静叶片;其特征在于:所述动叶片包括外风翅段、中风翅段、内风翅段,所述中风翅段与外风翅段、内风翅段之间圆弧过渡;所述外风翅段的长度 $L1=(25\sim 35)D/1000(\text{mm})$;内风翅段的长度 $L2=(20\sim 30)D/1000(\text{mm})$;中风翅段的长度 $L3=(10\sim 20)D/1000(\text{mm})$,中风翅段与外风翅段之间外圆弧 $R1=(15\sim 20)D/1000(\text{mm})$,中风翅段与内风翅段之间外圆弧 $R2=(10\sim 18)D/1000(\text{mm})$,外风翅段 $L1$ 与中风翅段夹角 $\beta=50\pm 10^\circ$,内风翅段与中风翅段的夹角 $\alpha=15\pm 5^\circ$;动叶片的厚度 $t=10\sim 20\text{mm}$;所述相邻动叶片最短间隙为动叶片的外风翅段长度的 1.5 ± 0.5 倍,上述的 $D(\text{mm})$ 表示动叶片回转直径。

[0032] 所述喂料口在选粉机壳体的侧面或者设置在选粉机壳体的下端。

[0033] 本发明具有的优点和积极效果是:本发明采用上述技术方案,向心分选选粉机的技术效果主要体现在选粉机阻力低、选粉效率高、分选清晰度高三个方面,综合CFD理论分析、试验室试验、工业应用生产数据,技术效果如下:

[0034] 1) 相比于传统三力平衡的O-Sepa选粉机,选粉机阻力降低 $25\sim 30\%$,选粉效率提高 $8\sim 10\%$,旁路值 $\beta\leq 5\%$,主机电耗降低 12.4% ,成品比表增加 $15\sim 20\%$,成品颗粒分布 n 值降低 $7\sim 8\%$ 。

[0035] 2) 相比于宇部三力平衡选粉机,系统产量提高 20% ,成品比表增加 $8\sim 10\%$,成品颗粒分布 n 值降低 $6\sim 7\%$,系统电耗降低 $10\sim 12.5\%$ (降幅 $\geq 2\text{kWh}/\text{t}$)。

[0036] 3) 通过调整外风翅的角度实现调整不同粒径颗粒的选粉效率,有效控制成品的粒度分布,成品颗粒级配宽,具有满足不同成品粒度级配要求的选粉能力,非常适用于水泥、矿渣等成品质量要求较高的物料粉磨系统。

附图说明

- [0037] 图1是向心高效选粉机实施例1的结构示意图；
- [0038] 图2是图1中A-A剖视图；
- [0039] 图3是传统三力平衡分选转子原理模型图；
- [0040] 图3-1是图3中E-E剖视图；
- [0041] 图4是本发明转子叶片原理模型图；
- [0042] 图4-1是图4中F-F剖视图；
- [0043] 图5是出风口无引风条件下传统三力平衡分选转子内外速度场结构示意图；
- [0044] 图6是出风口无引风条件下向心分选转子内外速度场结构示意图；
- [0045] 图7是TRMS43.3矿渣磨向心分选、宇部三力平衡选粉机CFD计算分选曲线图；
- [0046] 图8是向心高效选粉机实施例2的结构示意图；
- [0047] 图9是图8中B-B剖视图；
- [0048] 图10是向心高效选粉机实施例3的结构示意图；
- [0049] 图11是图10中C-C剖视图；
- [0050] 图12是动叶片结构示意图；
- [0051] 图13是动叶片另一种结构示意图；
- [0052] 图14是传统三力平衡选粉机结构示意图；
- [0053] 图15是图14中D-D剖视图。
- [0054] 图中：1、一段动叶片；1-1、外风翅段；1-2、内风翅段；1-3、中风翅段；2、选粉机转子；3、二段动叶片；4、成品出口；5、喂料口；6、撒料盘；7、缓冲板；8、静叶片；9、进风口；10、三次风入口；11、粗粉收集锥；12-选粉区。

具体实施方式

[0055] 为能进一步了解本发明的发明内容、特点及功效，兹例举以下实施例，并配合附图详细说明如下：

[0056] 实施例1，请参阅图1和图2，一种向心高效选粉机，包括选粉机壳体13，设置在选粉机上部的成品出口4；连接选粉机壳体的进风口以及设置在上部的喂料口5；对应喂料口位置选粉机壳体内设有撒料盘6，对应撒料盘位置设有物料缓冲板7，位于选粉机壳体下端的粗粉收集锥11、在粗粉收集锥上设有三次风入口10；安装在选粉机壳体内的选粉机转子2，设置选粉机转子的上方和下方的动叶片，为便于说明将上方的动叶片命名为一段动叶片1，将下方的动叶片命名为二段动叶片3，对应动叶片位置所述选粉机壳体上安装有静叶片；所述动叶片(1、3)包括外风翅段1-1、内风翅段1-2，所述外风翅段1-1和内风翅段1-2之间圆弧过渡；所述动叶片的外风翅段的布置方向沿转子旋转方向设置在选粉机转子上；外风翅段的长度 $L1 = (25 \sim 35) D / 1000 (mm)$ ；内风翅段的长度 $L2 = (20 \sim 30) D / 1000 (mm)$ ；外风翅段和内风翅段之间外圆弧半径 $R = (25 \sim 30) D / 1000 (mm)$ ，外风翅段与内风翅段的夹角 $\beta = 120 \pm 10^\circ$ ，内风翅段与水平线的夹角 $\alpha = 15 \pm 5^\circ$ ；动叶片的厚度 $t = 10 \sim 20 mm$ ；请参阅图13，所述相邻动叶片最短间隙为动叶片的外风翅段长度的 1.5 ± 0.5 倍，上述的 $D (mm)$ 表示动叶片回转直径。

[0057] 为方便工艺结构设计及叙述，设定如下工艺结构参数：选粉机能力 $P (t/h)$ ，选粉风

量 Q (m^3/h) , 选粉浓度 C_s (g/m^3)、动叶片有效高度 H (mm) , 动叶片回转直径 D (mm) , 转子高径比 H/D , 转子径向风速 V_r (m/s) , 动叶片间隙风速 V_b (m/s) , 相邻动叶片最短间隙 D_b (mm) 、动叶片数目 N_b 。

[0058] 动叶片结构参数: 角度参数 α ($^\circ$)、 β ($^\circ$) , 外风翅长度 $L1$ (mm) , 内风翅长度 $L2$ (mm) , 中风翅长度 $L3$ (mm) 、圆角 R (mm) 、 $R1$ (mm) 、 $R2$ (mm) , 叶片厚度 t (mm) 。

[0059] 根据上述实施例1的向心高效选粉机设计方法, 包括如下步骤,

[0060] 1) 根据分选不同物料的适宜选粉浓度 C_s (g/m^3) 和选粉机设计能力 P (t/h) , 计算选粉风量 Q (m^3/h) :

$$[0061] \quad Q = 1000000 \times P / C_s \quad (1)$$

[0062] 2) 转子高径比 $H/D = 0.4 \sim 0.5$;

[0063] 3) 由选粉风量 Q (m^3/h)、高径比 H/D , 转子径向风速 V_r (m/s) , 计算动叶片回转直径 D (mm) :

$$[0064] \quad D = 16.7 \sqrt{\frac{Q}{\pi V_r (H/D)}} \quad (2)$$

[0065] 4) 由动叶片回转直径 D (mm) 、高径比 H/D , 计算动叶片有效高度 H (mm) :

$$[0066] \quad H = D * (H/D) \quad (3)$$

[0067] 5) 由转子动叶片回转直径 D (mm) 计算动叶片的截面结构及参数:

[0068] 6) 根据计算得到的动叶结构参数, 绘制动叶片方案图;

[0069] 7) 根据动叶片方案图、动叶片回转直径 D (mm) 、动叶片的外风翅段长度, 动叶片间隙风速 V_b (m/s) , 相邻动叶片最短间隙 D_b (mm) , 计算动叶片数目 N_b :

$$[0070] \quad N_b = \frac{277.8Q}{V_b D_b H} \quad (4)$$

[0071] 8) 向心分选动叶片的外风翅段的布置方向沿转子旋转方向设置在选粉机转子上;

[0072] 9) 启动选粉机, 实现向心选粉。

[0073] 本实施例工作原理: 请参阅图1和图2, 出磨物料由提升机经由选粉机的喂料口5喂入选粉机, 在重力的作用下, 喂入选粉机的物料进入撒料盘6。撒料盘6跟随选粉机转子2以一定的速度转动, 带动落入其上的待分选物料旋转, 待分选物料在离心力的作用下被抛撒至缓冲板7, 并得到打散, 然后在重力的作用下落入介于动叶片1、3和静叶片8之间的选粉区。一、二次风经进风口9进入选粉机, 一、二次风经进风口9的设置位置属于现有技术, 然后流经静叶片8进入选粉区12, 进入选粉区的气流在转子动叶片1、3带动和静叶片8导流的双重作用下随转子转动, 同时流经转子动叶片1、3, 最后经转子内部及选粉机成品出口4离开选粉机。本发明利用外风翅在旋转过程中产生向心动压、利用内风翅平衡流经动叶片后高速旋转气流产生的离心动压, 从而达到大幅度降低选粉阻力; 同时动叶片的内风翅、外风翅还具有防止成品返回选粉区产生二次选粉不利现象, 从而实现了降低选粉阻力同时保证较高选粉效率优良性能。

[0074] 落入选粉区12的物料颗粒跟随选粉区旋转气流运动, 受到图2所示的拉曳力 F_d 、向心力 F_b 、重力 G 、离心力 F_c , 并按下述条件产生粗细分级:

[0075] 1) 对于 $F_d + F_b \geq F_c$ 的颗粒, 一方面在重力 G 的作用下做沉降运动, 设沉降选粉区高度

H的时间为 t_1 ，另一方面在 F_d 、 F_c 合力作用下随气流向转子内部运动，设穿越选粉区间宽度S的时间为 t_2 ，如果 $t_1 > t_2$ ，则颗粒就能进入转子内部成为细粉成品，如果 $t_1 < t_2$ ，则进入粗粉收集锥11。

[0076] 2) 对于 $F_d + F_b < F_c$ 的颗粒，颗粒一方面在 F_d 、 F_b 、 F_c 合力作用下向静叶片做离心运动，同在重力作用下最终落入粗粉收集锥11。

[0077] 为从原理上验证本发明核心技术要点向心力 F_b 的存在，分别构建图3、图4所示的传统三力平衡分选转子叶片模型、向心分选转子叶片模型，然后采用CFD理论计算的方法数值求解相同的工况条件下转子内外速度场，模型参数、计算边界条件及计算结果如下：

[0078] 表1模型参数及计算边界条件

模型	叶片外端回转直径 (mm)	叶片数目 (片)	转子转速 (rpm)	入口水力 直径(mm)	出口水力 直径	入口风速 (m/s)	出口压力 (Pa)
[0079] 三力平衡分选	62.5	20	477	40	80	0	0
向心分选	62.5	20	477	40	80	0	0

[0080] 表2模型CFD计算结果

模型	入口风速 (m/s)	出口风速 (m/s)	入口压力 (Pa)	出口压力 (Pa)	入口流量 (kg/s)	出口流量 (kg/s)
[0081] 三力平衡分选	0.51	0.29	-0.51	-0.96	-0.005	0.005
向心分选	0.48	0.18	-0.79	0.01	0.003	-0.003

[0082] 表1中计算边界条件将两种模型的入口风速和出口压力均设置为0的目的是确保两种模型无系统引风条件，在相同的工况条件下两种方案的内部气体流动方向完全由各自转子叶片的气动特性所致，无其它因素干扰。

[0083] 表2计算结果表明，三力平衡分选模型入口压力高于出口压力，入口流量-0.005kg/s，出口流量0.005kg/s，负值表明流出，正值为流入，即三力平衡分选模型的物理“入口”实际上为“出口”，“出口”变成了“入口”。向心分选模型入口压力低于出口压力，且出口为微正压，入口流量0.003kg/s，出口流量-0.003kg/s，即向心分选模型的物理入口即实际的流入口，出口也为实际的流出口。两种模型在相同的工况条件下，气流方向完全相反，从图5、图6速度矢量图也能得到清晰印证。在颗粒悬浮于气流的条件下，气流主动，颗粒被动，气-固速度差就会产生拉曳力，由于向心分选模型转子内外的气流宏观流动是朝向转子内部，因此将这种由转子叶片转动产生的拉曳力称之为向心力 F_b 。实际工作条件下，转子出口虽有引风负压，但由于动叶片的间隙风速(3~5m/s)远低于转子叶片的旋转线速度(18~20m/s，超细选粉机能高达30~40m/s)，向心分选动叶片的外风翅仍具有压缩相邻动叶片间的空气向转子内部流动的作用，因此向心力 F_b 仍存在，协同引风机产生的拉曳力 F_d 共同加速成品颗粒穿越选粉区12的速度、缩短穿越时间 t_2 ，在颗粒沉降时间 t_1 一定的条件下，进入转子内部的成品量增加，从而大大提高选粉效率。此外向心分选动叶片的外形具有曲面凹槽结构，在相同的转子转速条件下，对选粉区12的气流切向拉曳作用要大于三力平衡分选动叶片，选粉区12的气流能获得更高的切向速度，确保更多的非成品粗颗粒离心远离转子并

在重力的作用下落入粗粉仓11,从而提高选粉清晰度。

[0084] 据表2,三力平衡模型入口-出口压差为0.45Pa,向心分选模型的入口-出口压力为-0.8Pa,二者压头方向完全相反。实际的工作条件下,在转子出口引风负压的作用下,无论三力平衡分选还是向心分选,气流均是从入口流向出口,因此对三力平衡分选,引风机必须克服选粉机转子叶片产生的入口-出口压差,增加选粉阻力,但对于向心分选,由于转子产生的压头方向是顺流方向,即推着气流向前流动,选粉机转子起类似接力泵的作用,因此能大幅度降低选粉阻力。以天津院TRM56.4生料磨实物选粉机为研究对象,通过更换常见的TRM、LV、Leosche、宇部L三力平衡分选动叶片和向心分选动叶片在相同工况条件下的选粉机CFD计算阻力见表3。

[0085] 表3相同工况下TRM56.4生料磨三力平衡分选、向心分选阻力对比

动叶片方案	入口压力(Pa)	出口压力(Pa)	选粉机阻力(Pa)	转子转速(rpm)
TRM	-4589	-8502	3913	57
LV	-5545	-8501	2955	57
Leosche	-4470	-8501	4030	57
宇部L	-5122	-8502	3380	57
向心分选	-6246	-8501	2254	57

[0087] 表3表明,向心分选阻力较三力平衡分选阻力在相同工况条件降低23%~42%,从而证明向心分选能大幅度降低引风机的负荷,节约系统电耗。

[0088] CFD理论计算向心分选选粉机和常见三力平衡选粉机阻力对比见表3,分选Trump曲线见图7TRMS43.3矿渣磨向心分选、宇部三力平衡选粉机CFD计算分选曲线图

[0089] 表3理论计算表明,向心分选选粉机在相同工况条件下较传统三力平衡选粉机的阻力降23%~42%。图11表明向心分选选粉机的旁路值 $\beta \leq 5\%$,而宇部三力平衡选粉机的旁路值 $\beta \approx 10\%$ (工业生产实践中大部分O-Sepa选粉机的旁路值 $\beta \geq 10\%$),对于矿渣粉磨而言,粒径 $\geq 45\mu\text{m}$ 的颗粒已属于粗颗粒,但宇部三力平衡选粉机对于粒径 $\leq 80\mu\text{m}$ 的颗粒均保持较低的可选性(较高的选粉效率),即在相同的选粉机转速条件下,宇部三力平衡选粉机的成品粒径更粗。实际操作中,为控制成品细度,三力平衡选粉机就需要更高的选粉机转速,进而增加循环负荷、降低粉磨效率和系统产量、增加系统电耗;与之相反,在相同的成品细度控制条件下,向心分选选粉机相比于三力平衡选粉机的转速低、效率高、循环负荷小,从而能大幅度提高粉磨效率和系统产量,降低系统电耗。

[0090] 为验证向心分选选粉机的实际效果,2015年10月天津院在大量试验室试验的基础上将首台向心分选选粉机于前进TRMS43.3矿渣磨进行了工业应用,并同本厂的传统O-Sepa选粉机、宇部选粉机在基本相同的工况条件下进行了对比,具体见表4、表5、表6。

[0091] 表4前进TRMS43.3矿渣磨向心分选选粉机标定数据

[0092]

序号	耗电名称	电量表倍率 CT*PT	起始读数 (2016.11.9, 11:00)	终止读数 (2016.11.10, 11:00)	消耗电 量 (kWh)	干基总 产量(t)	单位电耗 (kWh/t)
1	矿渣磨主 电机	300/5*100	2588.33	2600.72	74340	2919	25.5
2	矿渣磨排 风机 ¹	150/5*100	-	-	17060		5.8
3	矿渣磨变 压器	100/5*100	1005.26	1009.78	9040		3.1
4	矿渣磨总 进线	600/5*100	1781.05	1789.42	100440		34.4
5	干基平均台时 (t/h)		121.6				
6	成品平均比表 (m ² /kg)		415				
7	矿渣邦德功 Wi(kWh/t)		22.1				
8	矿渣 T ₃₀₀₀ (min)		90.2				

[0093] 表5前进TRMS43.3矿渣磨宇部三力平衡选粉机标定数据

[0094]

序号	耗电名称	电量表倍率 CT*PT	起始读数 (2017.6.16, 8::00)	终止读数 (2017.6.17, 11:00)	消耗电 量 (kWh)	干基总 产量(t)	单位电耗 (kWh/t)
1	矿渣磨主 电机	300/5*100	3708.93	3721.21	73680	2749	26.8
2	矿渣磨排 风机 ¹	150/5*100	-	-	16800		6.1
3	矿渣磨变 压器	100/5*100	1446.32	1450.7	8760		3.2

[0095]

4	矿渣磨总 进线	600/5*100	2549.46	2557.73	99240		36.1
5	干基平均台时 (t/h)		101.8				
6	成品平均比表 (m ² /kg)		411				
7	矿渣邦德功 Wi(kWh/t)		24.4				
6	矿渣 T ₃₀₀₀ (min)		78.9				

[0096] 表4、表5注:1-矿渣磨排风机的电量表出现故障,未能读取原始数据,其消耗总电量由矿渣磨总进线减去矿渣磨主电机、矿渣磨变压器(辅机)反算。

[0097] 据表4、表5两种选粉机的工业应用标定数据,向心分选选粉机相比于宇部三力平衡选粉机,在相同的操作条件下,成品比表增加4m²/kg,系统产量提高了19.8t/h(近20%),系统电耗降低1.7kWh/t,由于表5标定时粉磨外购矿渣原料易磨性T₃₀₀₀=78.9min远小于表4标定时粉磨的自产矿渣易磨性T₃₀₀₀=90.2min,折算到表4矿渣原料的宇部三力平衡选粉机的系统电耗为39.5kWh/t,据此向心分选选粉机在相同的工况条件下系统节电=39.5-34.4=5.1kWh/t,降幅12.9%。

[0098] 表6前进1#TRMS43.3矿渣磨宇部三力平衡选粉机标定矿粉质量

[0099]	日期	比表面积 (cm ² /g)	R _{45μm} (%)	R _{80μm} (%)	D ₁₀ (μm)	D ₅₀ (μm)	D ₉₀ (μm)	n 值
	2017.6.16	4119	3.2	0.37	2.149	12.090	39.576	1.082
	2017.6.17	4431	1.6	-	1.824	11.118	35.124	1.052
	2017.6.18	4218	3.7	-	2.157	13.597	44.022	1.065
	2017.6.19	4225	1.7	-	2.134	11.45	33.411	1.169
	2017.6.20	4100	2.6	-	2.078	11.635	35.196	1.13
	2017.6.21	4147	2.6	-	2.125	11.809	36.592	1.115
	2017.6.22	4302	2.2	-	2.029	11.171	34.401	1.147
	平均值	4220	2.5		2.071	11.839	36.903	1.109

[0100] 表7前进1#TRMS43.3矿渣磨向心分选、2#/3#磨0-sepa选粉机标定矿粉质量

[0101]	日期	比表面积(cm ² /g)		R _{45μm} (%)		R _{80μm} (%)		D ₁₀ (μm)	
		1#	2#/3#	1#	2#/3#	1#	2#/3#	1#	2#/3#
	2016.10.9	4278	4454	4.3	1.2	0.6	0		
	2016.11.16	4528	5618	3.6	1.0	0.8	0.1	1.776	1.325

[0102]	2016.10.17	4296	4229	3.0	0.3	0.7	0	1.806	1.793
	2016.10.18	4136	4278	2.2	1.8	0.6	0.3	1.921	1.904
	2016.10.19	4475	3624	3.0	5.3	0.9	1.4	1.725	2.283
	2016.10.20	-	5165	-	1.0	-	0.2	-	1.493
	2016.10.21	4691	4744	5.0	0.6	1.2	0.1	1.172	1.694
	2016.10.22	4787	4201	3.6	0.8	0.8	0.1	1.643	1.921
	平均值	4455	4539	3.52	1.5	0.8	0.275	1.67	1.77
	日期	D ₅₀ (μm)		D ₉₀ (μm)		n 值			
		1#	2#/3#	1#	2#/3#	1#	2#/3#	1#	2#/3#
	2016.10.9	11.625	9.78	41.509	32.523	1.02	1.072		
	2016.11.16	11.625	9.78	41.509	32.523	1.047	1.200		
	2016.10.17	11.126	10.041	37.519	27.933	1.102	1.095		
	2016.10.18	10.985	13.174	33.714	39.634	1.051	1.102		
	2016.10.19	10.861	13.331	36.772	44.329	-	1.083		
	2016.10.20	-	10.712	-	33.337	1.066	1.135		
	2016.10.21	11.973	10.737	40.521	30.674	1.008	1.173		
	2016.10.22	11.102	11.45	39.55	31.944	1.049	1.123		
	平均值	11.278	11.317	38.264	34.339	1.046	1.126		

[0103] 据表6,1#磨宇部三力平衡选粉机,成品R_{45μm}=2.5%,D₁₀=2.071μm,D₅₀=11.839μm,D₉₀=36.903μm,颗粒分布n值1.109。

[0104] 据表7,1#磨向心分选选粉机,成品 $R_{45\mu m}=3.52\%$, $D_{10}=1.67\mu m$, $D_{50}=11.278\mu m$, $D_{90}=38.2643\mu m$,颗粒分布n值1.046。

[0105] 据表7,2#/3#磨O-Sepa选粉机,成品 $R_{45\mu m}=1.5\%$, $D_{10}=1.77\mu m$, $D_{50}=11.317\mu m$, $D_{90}=34.339\mu m$,颗粒分布n值1.126。

[0106] 根据上述3种选粉机方案的对比数据,三力平衡选粉机的45 μm 细度较向心分选选粉机的细,但从 D_{10} 、 D_{50} 、 D_{90} 、均匀性系数n值的数据看,颗粒级配明显偏窄,而向心分选选粉机明显具有颗粒级配宽的特点,非常有利于提高水泥、矿粉的性能。成品的颗粒级配主要由粉磨产生,粉磨效率越高,成品颗粒级配越宽,向心分选选粉机的成品颗粒级配宽的事实恰证明了其选粉效率高、分选清晰的性能,因为高的选粉效率和分选清晰度才能保证粉磨系统较低的循环负荷、较高的粉磨效率。

[0107] 实施例2,请参阅图8和图9,一种向心高效选粉机,包括选粉机壳体13,设置在选粉机上部的成品出口4;连接选粉机壳体的进风口9和喂料口5,此款机型属于现有技术的进风口和喂料口为同一个;其喂料口在选粉机壳体的侧面;位于选粉机壳体下端的粗粉收集锥,在粗粉收集锥上设有三次风入口10;安装在选粉机壳体内部的选粉机转子2,设置选粉机转子的上方和下方的动叶片,为便于说明将上方的动叶片命名为一段动叶片1,将下方的动叶片命名为二段动叶片3,对应动叶片位置所述选粉机壳体上安装有静叶片;所述动叶片包括外风翅段1-1、中风翅段1-3、内风翅段1-2,所述中风翅段与外风翅段、内风翅段之间圆弧过渡;所述外风翅段的长度 $L1=(25\sim 35)D/1000$;内风翅段的长度 $L2=(20\sim 30)D/1000(mm)$;中风翅段的长度 $L3=(10\sim 20)D/1000(mm)$,中风翅段与外风翅段之间外圆弧 $R1=(15\sim 20)D/1000(mm)$,中风翅段与内风翅段之间外圆弧 $R2=(10\sim 18)D/1000(mm)$,外风翅段 $L1$ 与中风翅段夹角 $\beta=50\pm 10^\circ$,内风翅段与中风翅段的夹角 $\alpha=15\pm 5^\circ$;动叶片的厚度 $t=10\sim 20mm$;请参阅图14,所述相邻动叶片最短间隙为动叶片的外风翅段长度的 1.5 ± 0.5 倍,上述的 D 表示动叶片回转直径;所述喂料口在选粉机壳体的侧面或者。

[0108] 实施例3,请参阅图10和图11,一种向心高效选粉机,包括选粉机壳体13,设置在选粉机上部的成品出口4;连接选粉机壳体的进风口9和喂料口5,此款机型属于现有技术的进风口和喂料口为同一个;其喂料口在选粉机壳体在选粉机壳体的下端;位于选粉机壳体下端的粗粉收集锥;安装在选粉机壳体内部的选粉机转子2,设置选粉机转子的上方和下方的动叶片,为便于说明将上方的动叶片命名为一段动叶片1,将下方的动叶片命名为二段动叶片3,对应动叶片位置所述选粉机壳体上安装有静叶片;所述动叶片包括外风翅段、中风翅段、内风翅段,所述中风翅段与外风翅段、内风翅段之间圆弧过渡;所述外风翅段的长度 $L1=(25\sim 35)D/1000(mm)$;内风翅段的长度 $L2=(20\sim 30)D/1000$;中风翅段的长度 $L3=(10\sim 20)D/1000$,中风翅段与外风翅段之间外圆弧 $R1=(15\sim 20)D/1000(mm)$,中风翅段与内风翅段之间外圆弧 $R2=(10\sim 18)D/1000(mm)$,外风翅段 $L1$ 与中风翅段夹角 $\beta=50\pm 10^\circ$,内风翅段与中风翅段的夹角 $\alpha=15\pm 5^\circ$;动叶片的厚度 $t=10\sim 20mm$;请参阅图14,所述相邻动叶片最短间隙为动叶片的外风翅段长度的 1.5 ± 0.5 倍,上述的 $D(mm)$ 表示动叶片回转直径;所述喂料口在选粉机壳体的侧面或者设置在选粉机壳体的下端。

[0109] 本发明原理区别于传统“三力平衡”选粉原理的主要特征:1)借助动叶片的气动外形在跟随转子转动过程中压缩相邻动叶片间空气向转子内部流动,增加选粉区气流的径向分速,从而对悬浮于选粉区的颗粒产生向心力 F_b ;2)动叶片的弯曲方向沿转子转动方向布

置;3) 悬浮于选粉区的颗粒处于被转子动叶片向转子内部拽拉的趋势,而传统三力平衡选粉原理选粉区的颗粒处于被转子叶片径向外推的趋势。上述主要特征即是向心分选选粉原理的来源。

[0110] 综上,向心分选选粉机的技术效果主要体现在选粉机阻力低、选粉效率高、分选清晰度高三个方面,综合CFD理论分析、试验室试验、工业应用生产数据,技术效果如下:

[0111] 1) 相比于传统三力平衡的O-Sepa选粉机,选粉机阻力降低25~30%,选粉效率提高8~10%,旁路值 $\beta \leq 5\%$,主机电耗降低12.4%,成品比表增加15%~20%,成品颗粒分布n值降低7%~8%。

[0112] 2) 相比于宇部三力平衡选粉机,系统产量提高20%,成品比表增加8%~10%,成品颗粒分布n值降低6%~7%,系统电耗降低10%~12.5% (降幅 $\geq 2\text{kWh/t}$)。

[0113] 3) 通过调整外风翅的角度实现调整不同粒径颗粒的选粉效率,有效控制成品的粒度分布,成品颗粒级配宽,具有满足不同成品粒度级配要求的选粉能力,非常适用于水泥、矿渣等成品质量要求较高的物料粉磨系统。

[0114] 本发明的动叶片的具体实现结构及布置方式不仅限于上述的结构和布置方式,以动叶片跟随转子转动过程中产生向心动压和选粉区间的待分选颗粒具有被叶片拉曳进入转子内部的运动趋势为主要特征。

[0115] 以上所述仅是对本发明的较佳实施例而已,并非对本发明作任何形式上的限制,凡是依据本发明的技术实质对以上实施例所做的任何简单修改,等同变化与修饰,均属于本发明技术方案的范围。

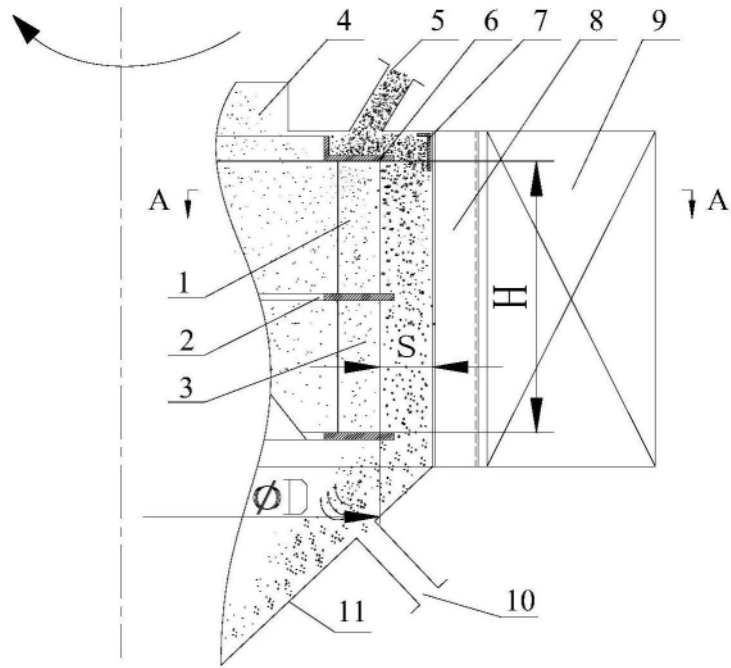


图1

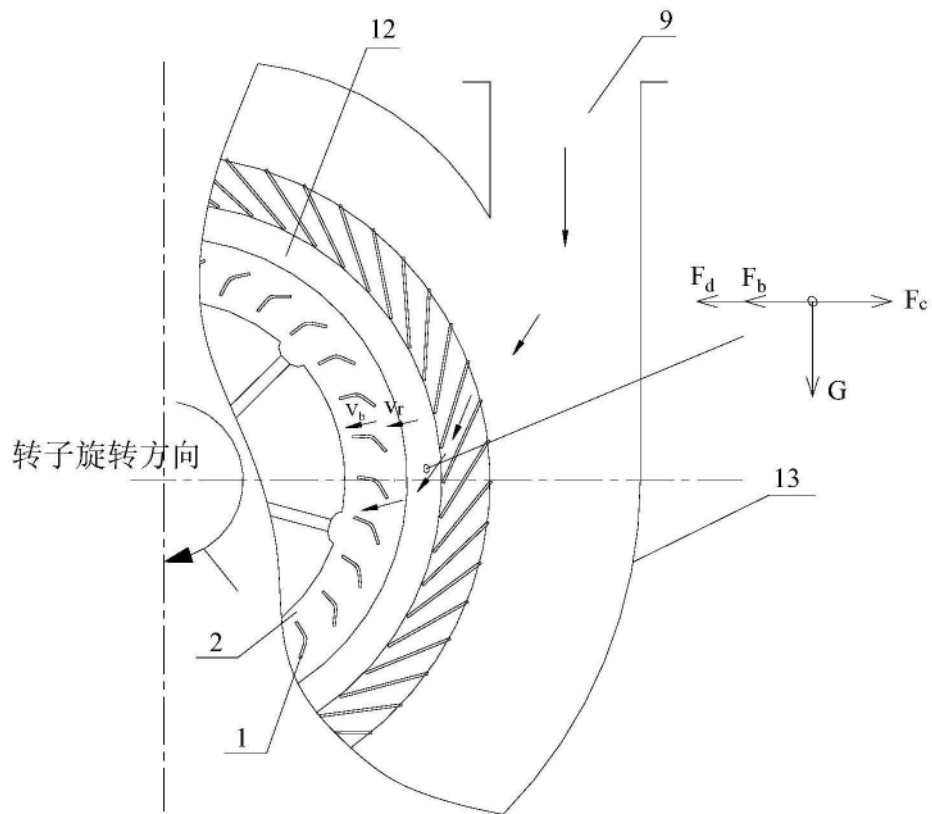


图2

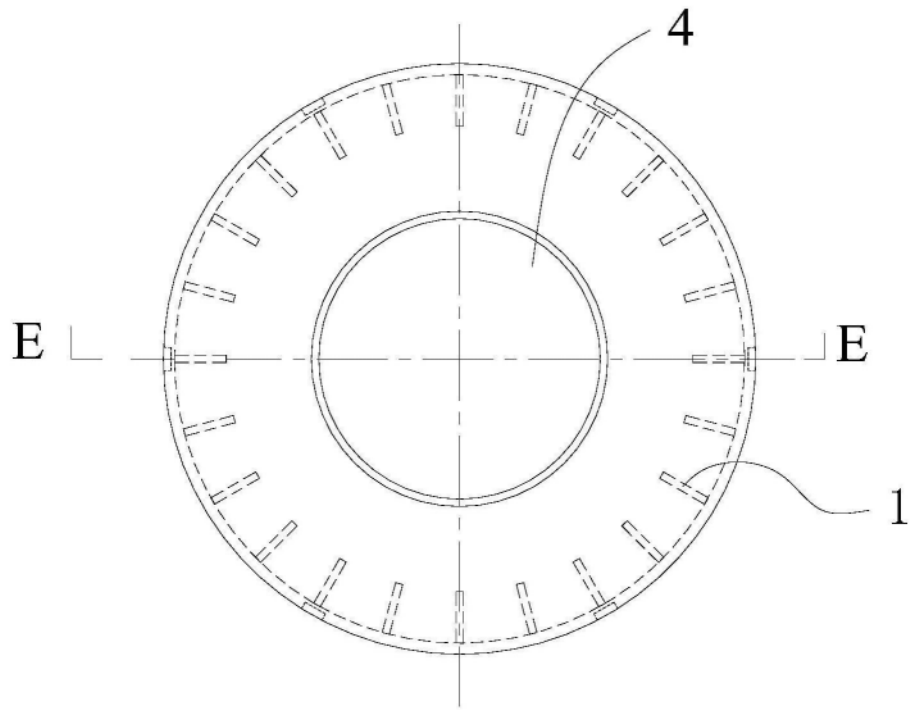


图3

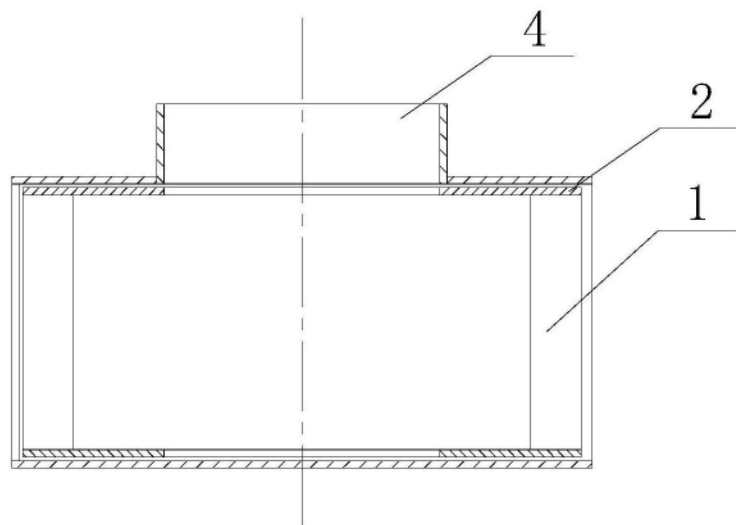


图3-1

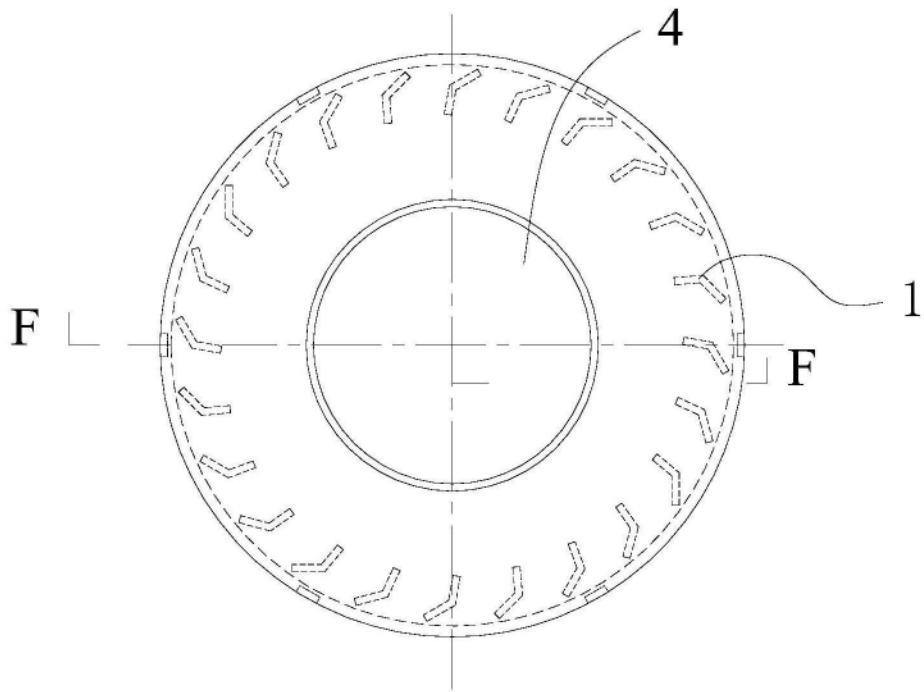


图4

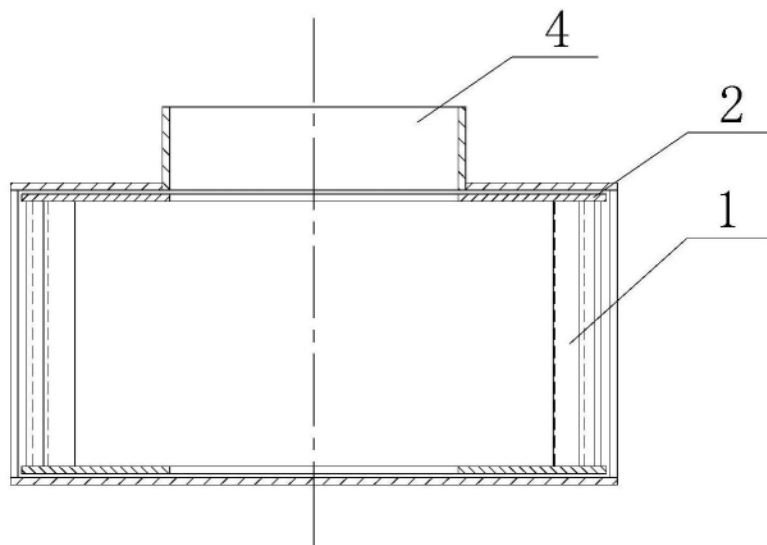


图4-1

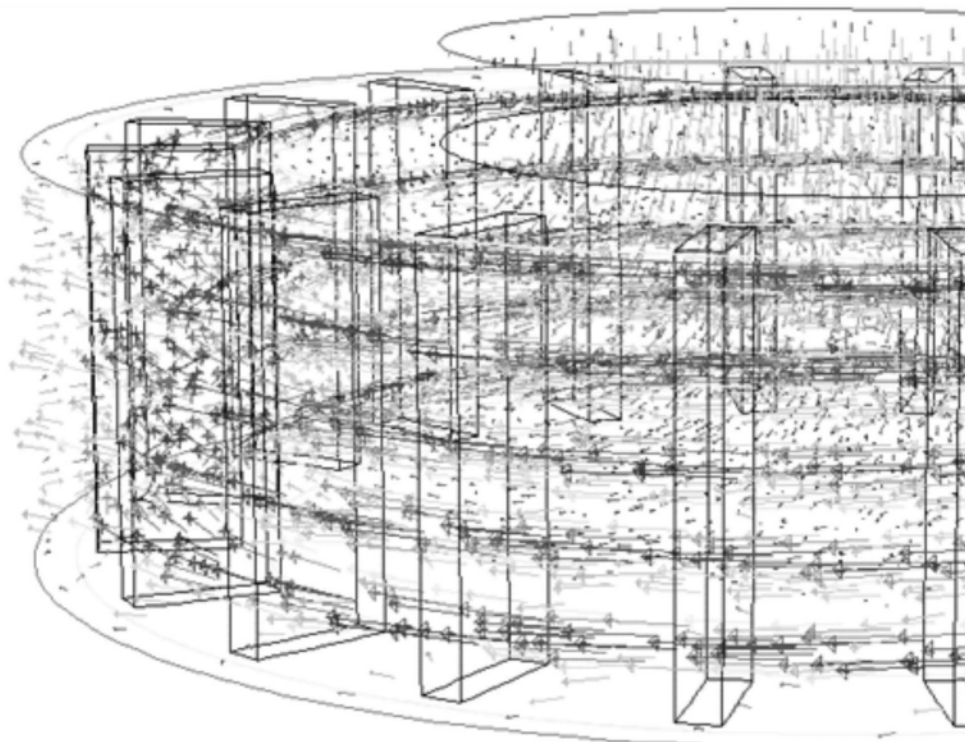


图5

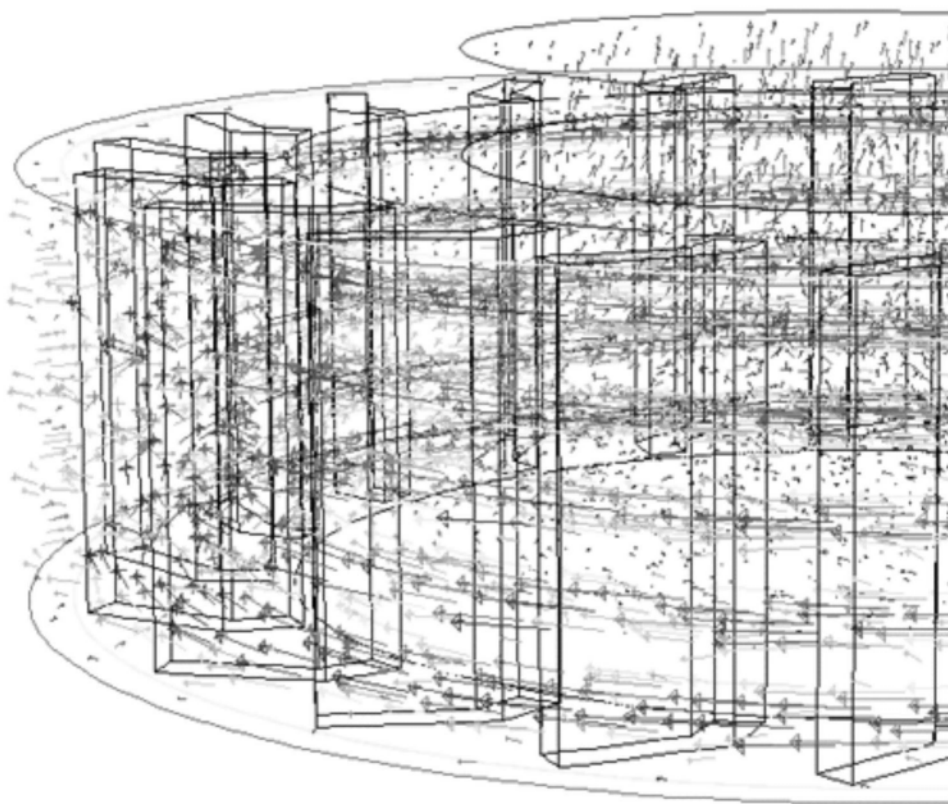


图6

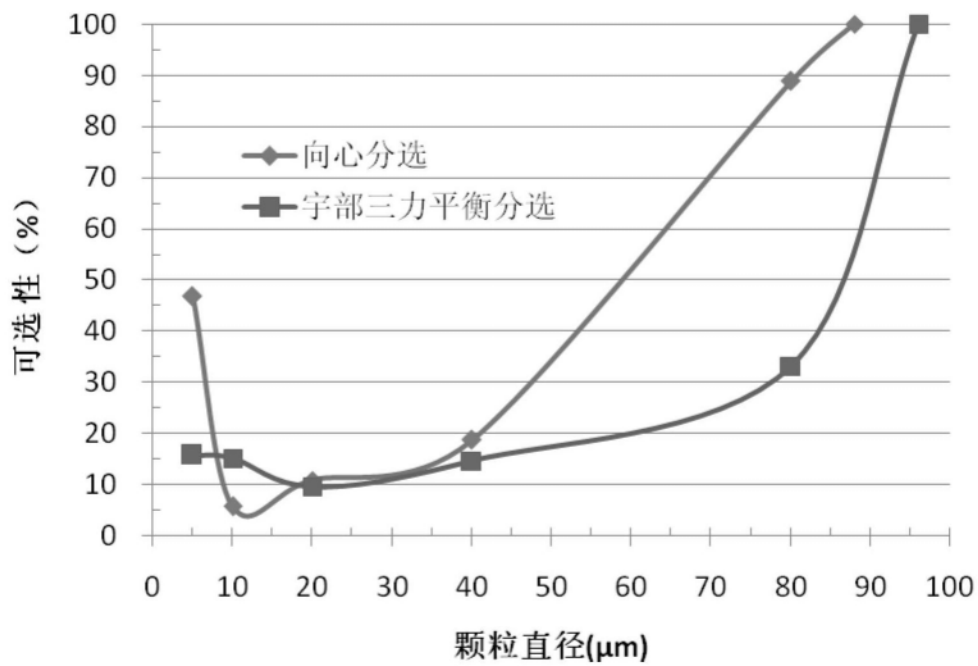


图7

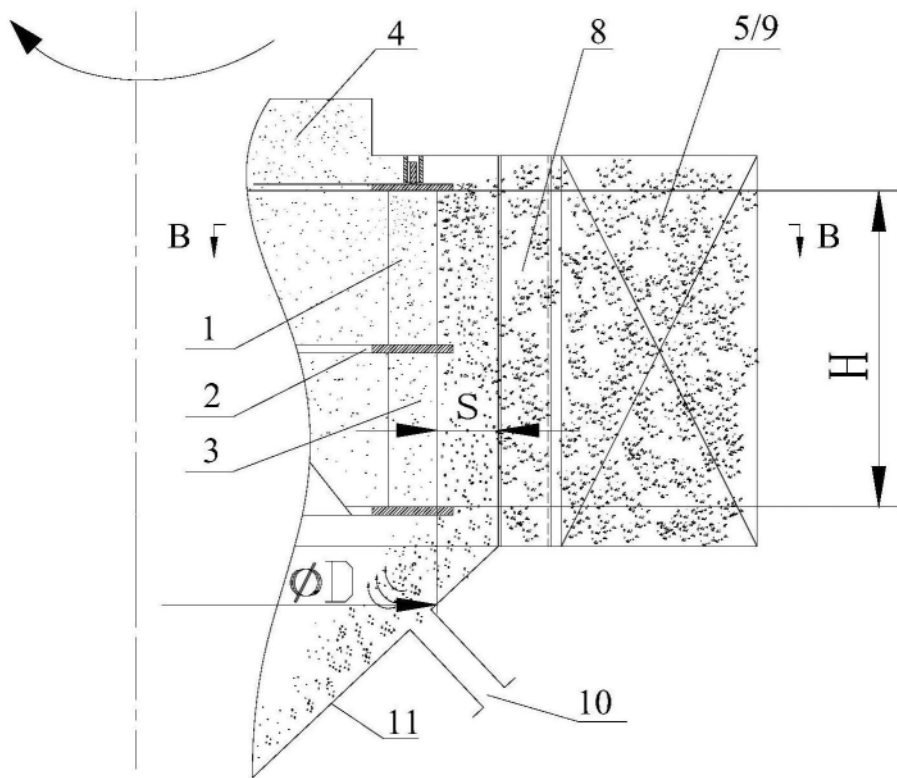


图8

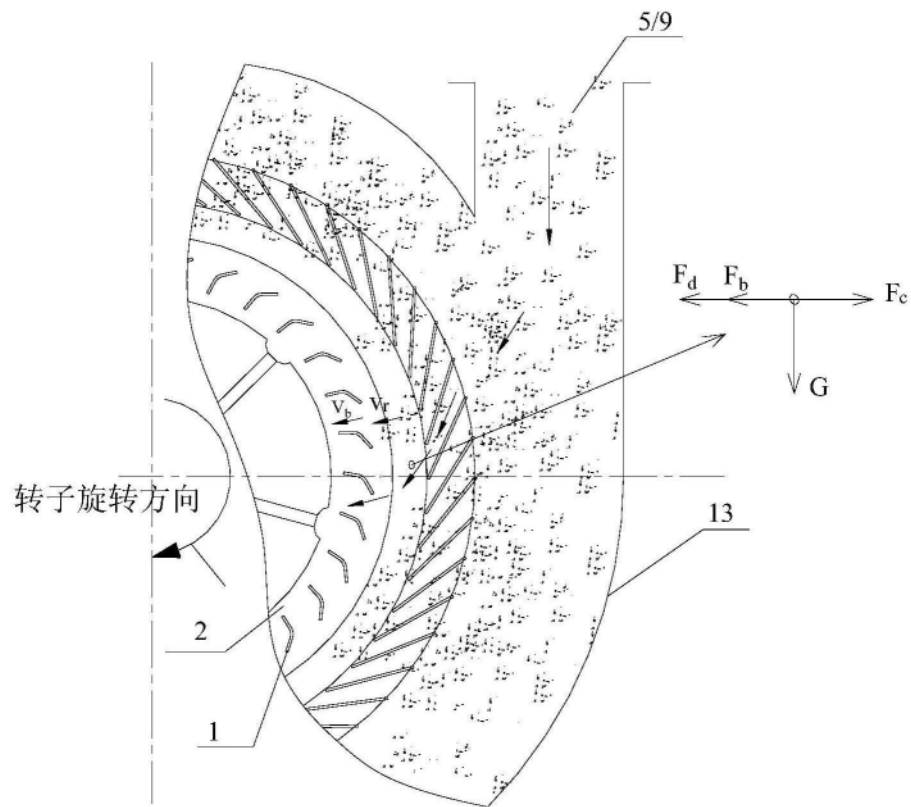


图9

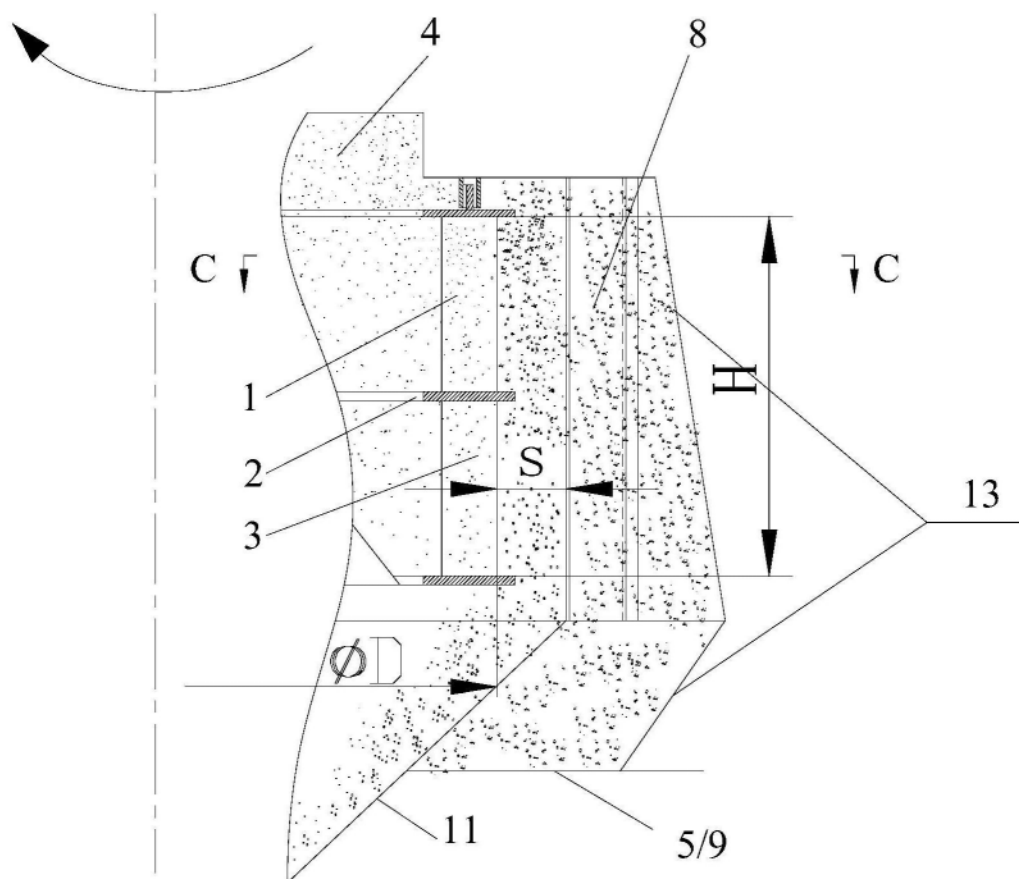


图10

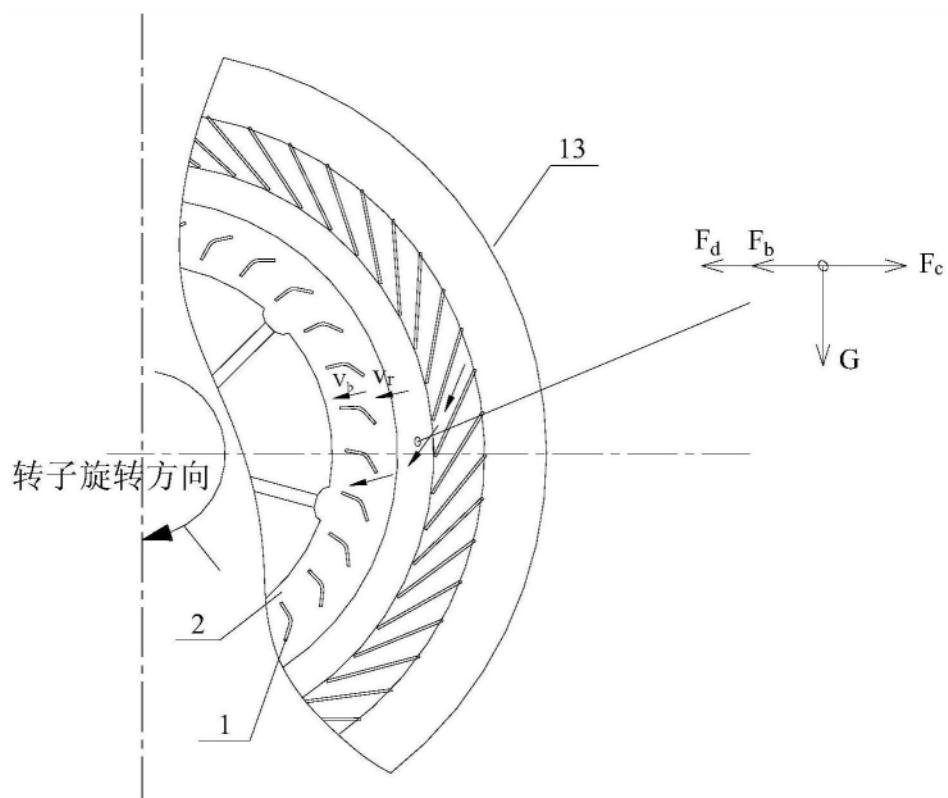


图11

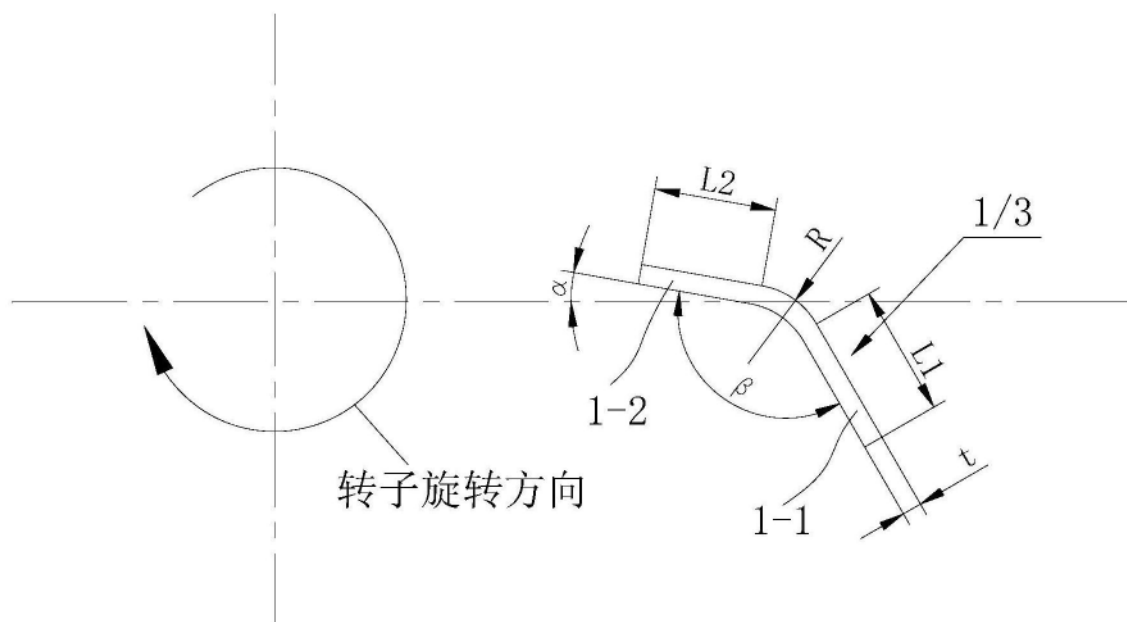


图12

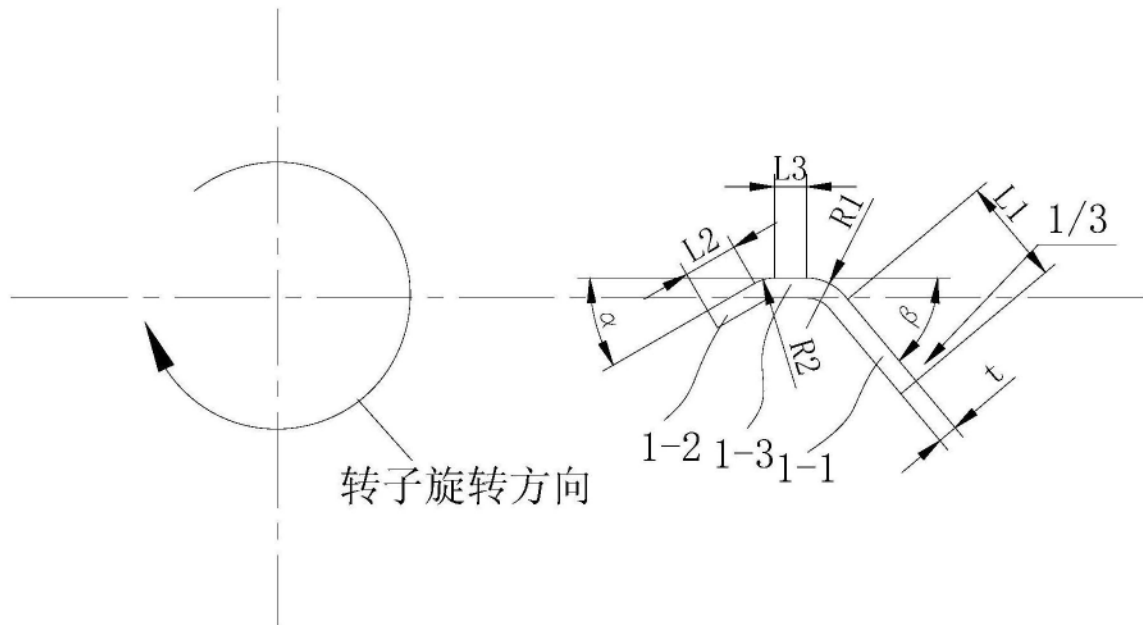


图13

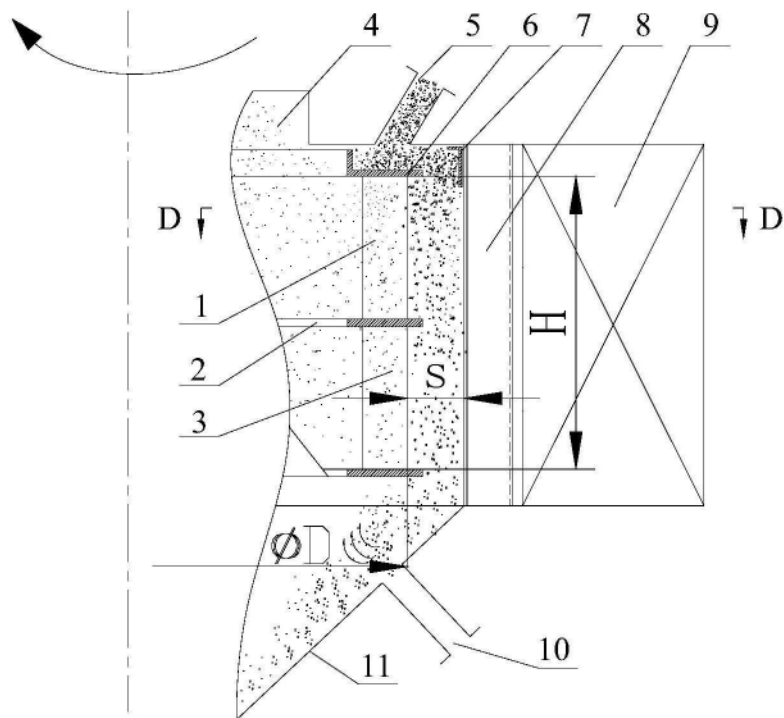


图14

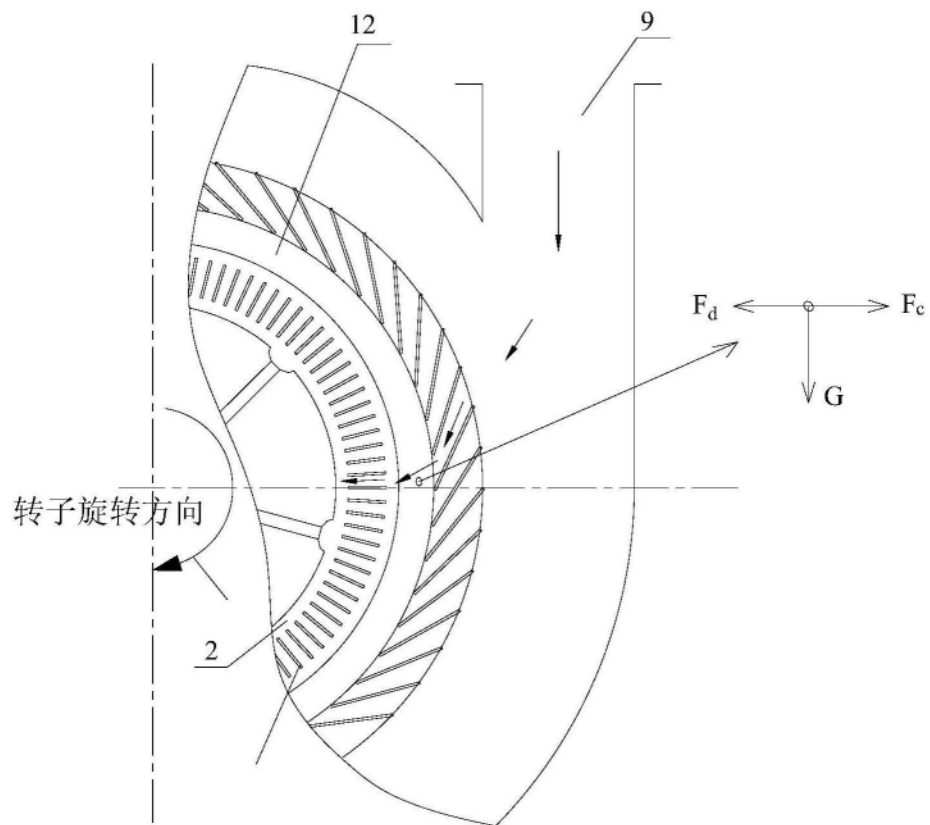


图15