



密闭状态下的气力分选系统

孙继亮¹, 徐圣龙²

(1. 中建材(合肥)粉体科技装备有限公司, 安徽 合肥 230051; 2. 江苏省连云港中等专业学校, 江苏 连云港 222000)

摘要: 为解决需要在密闭状态下物料的分选问题, 根据气固两相流理论, 参考密闭氮气循环再利用系统, 结合成熟的水泥行业空气选粉系统, 给出全封闭状态下的氮气或其它惰性气体的物料分选的计算公式, 解决了氮体循环再利用等技术问题, 形成一个系统的、可行的应用体系。

关键词: 高效选粉机; 风力分选; 氮气; 密闭循环

中图分类号: TQ062⁺.2 **文献标志码:** A

文章编号: 1008-5548(2017)01-0100-03

Pneumatic separation system used in closed-cycle condition

SUN Jiliang¹, XU Shenglong²

(1. CNBM (Hefei) Powder Technology Equipment Co., Ltd., Hefei 230051, China; 2. LYG Specialized Secondary School, Lianyungang 222000, China)

Abstract: In order to solve the material separation problem in the closed state, based on the gas-solid two-phase flow theory, referenced the closed nitrogen recycling system and combined with the mature air separation system of cement industry, the calculation formula of the material pneumatic separation with nitrogen or other inert gas was given, and the technical problem of nitrogen recycling and reuse were presented, which formed a systematic and viable application system.

Keywords: high-efficiency separator; pneumatic separation; nitrogen; closed-cycle system

目前, 国内各研究院所及科技公司对空气选粉系统的研究大都是裸露空气状态下的选粉系统, 对隔绝大气下的选粉系统的研究涉及很少。而针对有潜在爆炸性、毒性、放射性、强氧化性和卫生要求程度特别高的物料, 为了达到某种细度的要求, 有时需要限制其颗粒粒径大小, 这就要求对其分选分级。目前, 尽管其它行业对于气体密闭循环系统的设计和研发有所涉及^[1-8], 但气力选粉分级系统一直处于待开发状态, 没

有一个完整、成熟的工艺系统, 更没有大规模的工业应用。尤其是在分选媒介循环再利用系统中, 如何回收再利用分选媒介及平衡系统压力差的问题, 文献涉及很少。随着近年来气力分选技术的不断完善和市场需求的不拓展, 密闭环境下的氮气或其它惰性气体选粉系统的研究已迫在眉睫。

因为氮气具有资源丰富、常温下极难液化、极难溶于水和化学性能稳定等优良特性, 所以一般选用氮气作为密闭循环系统的气体媒介。本文将选用氮气作为循环分选介质。

根据分选的目的和所需成品物料细度的要求, 需要选择适合的选粉机型式和相应的分选工艺系统。本文中选择的细粉作为所需成品颗粒。

1 系统的设计

1.1 分选工艺系统介绍

气力分选系统工艺流程图见图 1, 整个工艺系统由分选系统、细粉捕集分离系统、氮气循环系统和氮气补充系统等组成。分选系统由半成品仓、密封回转下料器和合肥某设计院多级分选 DSPAX 型高效选粉机等组成。细粉捕集分离系统分为成品仓前捕集分离系统和仓后捕集分离系统。因为后续氮气循环管路中的气动、电动或液压传动控制元器件要求气源清洁, 氮气缓冲罐也应尽量避免灰尘沉积, 所以每套捕集系统含有两级净化除尘器, 一级收尘为粗捕集净化器, 二级收尘为精细除尘净化器, 净化后的空气清洁度必须满足所有工艺管线上电气元器件的要求, 以防止其过度磨损或灰尘卡制, 使密封失效, 影响系统的正常运转。当然, 在成品仓前的粗捕集净化器前面加上旋风收尘器, 工艺也是允许的(图示工艺未画出)。氮气循环系统包括循环风机、氮气循环缓冲储气罐、单向阀、压力表、压力传感器等元器件。氮气补充系统包括高压氮气补充储气罐、自动补气控制系统、压差平衡感应回馈系统及低压报警系统等^[9-11]。储气罐上部安装有压力卸放阀, 当压力超过设定的卸放压力时, 安全阀自动打开, 保证储气罐的安全和系统压力平衡, 进出储气罐的管路上安装有单向阀, 使气体按既定路线

收稿日期 2015-11-17, 修回日期 2016-04-25。

第一作者简介: 孙继亮(1972—)男, 硕士, 研究方向为粉体机械、液压节能传动。E-mail: jls0510@qq.com。

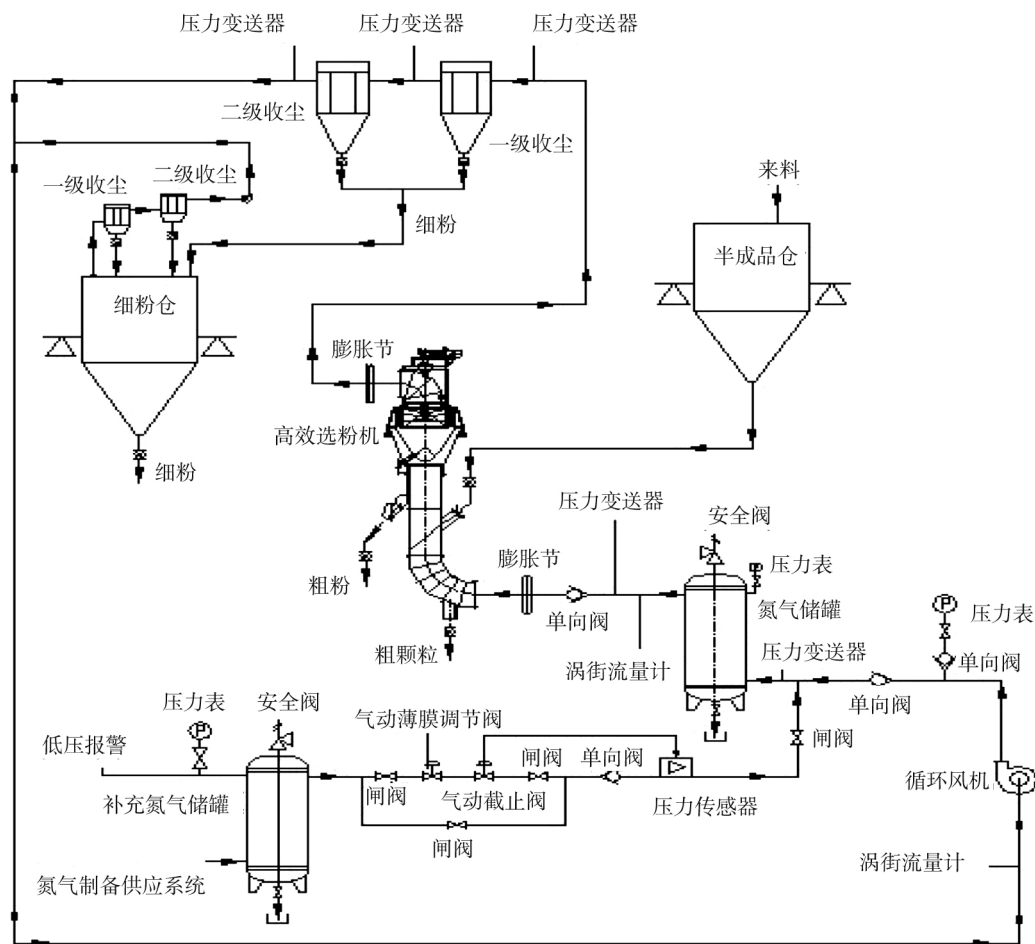


图 1 气力分选系统工艺流程图

Fig. 1 Process flow diagram of pneumatic separation system

运动,防止因局部压力过大使气体运动紊乱,氮气补充压力罐还安装有低压报警器,当其压力低于设定报警压力时,低压报警器提醒操作者向储气罐内补充氮气。

1.2 分级原理及工艺参数选择

1.2.1 分级原理

经过粉磨的半成品物料送至半成品仓,密封回转下料器把物料均匀地喂入 DSPAX 选粉机,物料在重力作用下经分配锥均匀布料,与以一定速度从缓冲罐迎面而来的氮气相遇,物料经气体冲刷、筛选,粗颗粒落至粗颗粒出口,完成物料的第一次粗选,较细颗粒随着气流向上运动,进入由选粉机的粗粉集料内锥和外锥体环型通道形成的预分级区,携带着物料的气体以一定速度与选粉机中下部的反射锥碰撞,较粗颗粒沿着外壁沉降到粗粉出口,完成物料的第二次粗选;经过预先分级的含尘气体继续向上运动,随着截面通道面积的逐渐增大,风速逐步减小,相对较粗的粉尘会沿着壳体内壁滑落到粗粉出口,完成物料的第三次粗选,随后含尘气体进入笼型转子和导向叶片之间的主分级区,在水平涡流流场中进行反复多次的分选,

最终粗粉落入内锥底部,从粗粉集灰口排出选粉机,合格的成品穿过笼型转子,经过出风口随气体一起进入成品仓前的一级、二级收尘器被收集下来进入成品仓^[12-13],成品仓内扬尘及废气经过仓后一级、二级净化收尘器净化后与仓前经净化的清洁氮气一起进入氮气循环系统,由循环风机送入氮气缓冲罐,进行下一轮的分选过程。

1.2.2 系统工艺参数选择

下面给出数据是以空气为媒介的数据,因空气密度和氮气密度比较接近^[14],可以近似地认为下面的数据适用于氮气媒介分选系统,其它分选媒介如果密度与空气密度相差较大,需要进行当量换算。

选粉机的喂料能力 A 为

$$A = C_a \cdot N \cdot 60 \cdot 1/1\ 000$$

式中: A 为选粉机的喂料能力, t/h ; N 为选粉机通风量, m^3/min ; C_a 为喂料浓度, kg/m^3 ; 根据经验,一般 C_a 取 $2.5\ kg/m^3$ 。

选粉机的生产能力 F 为

$$F = C_f \cdot N \cdot 60 \cdot 1/1\ 000$$

式中: F 为选粉机的生产能力, t/h ; N 为选粉机通风

量 μ^3/min ; C_f 为选粉质量浓度, kg/m^3 , 根据经验, 一般 C_f 取 $0.80 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。

选粉机的切割粒径^[15] d_{kp} 为:

$$d_{kp} = \frac{1}{u_\theta} \sqrt{\frac{18\mu u_r}{(\rho_1 - \rho)}}$$

式中: d_{kp} 为切割粒径 μ ; μ 为流体的动力黏度, $\text{kg} \cdot \text{s}/\text{m}^2$; u_θ 为气流(颗粒)的切向速度 μ/s ; u_r 为颗粒的径向速度 μ/s ; r 为颗粒(涡流)旋转半径 μ ; ρ_1, ρ 为颗粒、流体的密度 kg/m^3 。

其余系统内设备的选型以分选风量为准。低压缓冲储气罐的压力一般为 1.05~1.1 倍的大气压。风机的压头按照系统管路阻力计算, 一般高效选粉机的阻力约为 2 000 Pa, 收尘器阻力约为 1 500 Pa, 设计总压头时, 一般要在计算的基础上增加 10%~20% 的富裕量。高压储气罐的压力一般为 0.6 MPa 左右。

1.3 氮气补充系统

系统在运行过程中, 不可避免地存在着循环氮气的泄漏, 收尘系统的气阀动作也会损失一定量的氮气。当氮气浓度较低时, 输送媒介氮气分子变得稀薄, 分选系统会因气体媒介携带物料能力不足影响分选效果, 内部压力不足也容易导致外部空气的渗入, 因此需要在系统压力小于某一设定值后, 及时向系统内补充氮气, 以保证分选系统的正常运转。

系统正常运转时, 缓冲氮气罐内压力一定, 当系统因氮气泄漏导致分选气压减小, 缓冲氮气罐内压力传感器检测到气压小于设定的压力时, 通知控制中心, 及时启动氮气缓冲罐与高压氮气补充罐之间的气动薄膜调节阀, 对分级系统进行补氮, 氮气缓冲罐储罐压力达到设定使用压力后, 气动薄膜调节阀自动关闭。压力传感器实时监测, 及时通知控制中心启闭气动薄膜阀, 使分选系统压力始终保持相对稳定。当高压氮气储罐内氮气压力小于设定报警压力时, 会启动报警系统, 通知操作者及时向高压氮气储罐内补充氮气。氮气的补充可以由制氮系统全自动调节补充, 也可根据需要由高压罐车间断式补充。

1.4 设计注意事项

密闭状态下的气力分选系统适用于易燃易爆或易氧化等需要用氮气或二氧化碳等惰性气体保护进行分选的物料。分选剧毒物料或放射性物料时, 分选气体不能随意排放, 宜采用此闭路循环系统且尽量采取负压操作。

在氮气闭环式气力分选系统实际运行过程中, 在正压管段, 气动元件的密封面、连接管道的密封面等处存在着氮气的泄漏, 另外收尘系统气动阀启闭也会损失一定的氮气, 导致分选系统中的风量、风压不足, 使气体提升物料能力下降, 因此在设计计算时, 应考

虑增加计算所需风量的 10% 富裕量。在负压管段, 应尽量避免外部空气渗入到分选循环系统中。贵重物料的分选, 系统安装完毕后, 需进行系统保压试验。

在喂料阀、收尘器的气动阀处, 应保证分选系统在该处内部微正压, 防止外部气体渗入加入物料分选循环系统。

因氮气回收系统管路上设有气动阀或电动阀, 要求气体比较清洁, 防止阀的密封面过量磨损或阻滞阀的动作, 另外, 缓冲罐内也应避免灰尘沉积, 因此, 在细粉收集阶段一般需要设置两级收尘, 保证气源在回收管路上的清洁。

2 结语

1) 论述了氮气闭环式分选系统的工艺过程、工作原理及设计注意事项。

2) 给出分选风量和选粉机生产能力设计计算。

3) 设计和解决了全封闭状态下的氮气或其它惰性气体的物料分选、气体循环再利用、压差平衡自动控制等技术问题。

参考文献(References):

- [1] 陈琦, 缪晔. 洁净粉体的系统输送技术[J]. 医药工程设计, 2013, 34(6): 7-9.
- [2] 翁艺. 气力输送在红丹产品设备技改中的应用[J]. 化工管理, 2015 (3): 133-134.
- [3] 汪洋, 郑国峰. 阻聚剂配制系统的气力输送技术开发[J]. 能源化工, 2015, 36(10): 27-30.
- [4] 侯宪勇, 肖威. 欧版磨粉机在重质碳酸钙生产中的应用[J]. 中国粉体技术, 2012, 18(2): 76-79.
- [5] 陶珍东, 郑少华. 粉体工程与设备 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.
- [6] 吴建明. 惰性气体保护气流粉碎系统在化工行业的推广应用[J]. 当代化工, 2011, 40(8): 804-807.
- [7] BERND Edenhofer, DIRK Joritz, 刘晔东. 工艺气体消耗近于零的气体渗碳法[J]. 热处理技术与装备, 2014, 35(1): 45-49.
- [8] 郑琦宏, 徐继荣, 王利超, 等. 内循环吹气吸收法测定沉积物中硫化物含量研究[J]. 实验技术与管理, 2012, 29(5): 58-61.
- [9] 刘艳青. 氮气闭环式气力输送机理研究与系统设计[D]. 青岛: 青岛科技大学, 2010.
- [10] 赵伟, 陈铁军. 气力输送系统中氮气闭路循环的压力波动问题分析[J]. 化工设备与管道, 2014, 35(1): 48-50.
- [11] 杨建波, 俞文光, 王岩松. 粉体气力输送系统安全操作模式的研究和设计[J]. 石油化工安全环保技术, 2015, 31(5): 44-47.
- [12] 卢寿慈. 粉体加工技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2000: 461-467.
- [13] 合肥水泥研究设计院. 一种低阻高效选粉机: 中国, ZL 2009 1 0144966.1[P]. 2013-02-13.
- [14] 成大先. 机械设计手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 1-11.
- [15] 戴少生, 廖中同, 黄有丰. 粉碎工程及设备[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 1994.