

密炼机上辅机粉料称量及投料系统优化

李 勇, 田 伟, 王 龙

[山东省高分子材料先进制造技术重点实验室(青岛科技大学), 山东 青岛 266061]

摘要: 简要介绍目前密炼机上辅机炭黑、粉料称量投料系统在工序能力和投料精度上存在的问题, 并对物料性质、投料系统结构的影响进行分析。提出采用炭黑造粒和投料系统结构改造特别是采用如偏心卸料口、曲线料斗、仓壁涂层、在卸料口安装射流喷嘴等、给料设备采用变频电机开机, 采用电加热变距螺旋输送并对称量、卸料呼吸等工艺进行优化, 可以避免投料系统称量不准或由于受粘料等影响造成的投料波动, 进而提高炼胶质量, 缩短炼胶时间。

关键词: 上辅机; 称量; 投料; 优化

中图分类号: TQ330.4⁺3 **文献标志码:** B **文章编号:** 1000-890X(2012)06-0357-05

密炼机上辅机是指炼胶所需的炭黑、生胶、小料、油料等的储存、输送、称量、投料等设备。不同企业上辅机差别很大, 但一般都包含有以下内容: 炭黑输送、储存、称量、投料; 油料输送、储存、称量、注油; 塑炼胶或母炼胶导开、称量、投料等。为发挥密炼机的效率, 减轻操作人员的劳动强度和对环境的污染, 迫切需要对密炼机混炼所需物料的输送、储存、称量、投料等环节实施机械化和自动化^[1]。在这样的背景下, 上辅机各种设备先后研制成功并应用, 而其中炭黑输送、储存、称量、投料等设备多年来虽经过多次改进, 但受制于炭黑、粉料本身的特性, 仍常有问题发生。

1 粉料称量投料系统存在的问题及原因分析

1.1 工序能力指数

工序能力指数(C_{pk})是分析工序能力满足质量标准、工艺规范程度的参数。工序是指在一定时间内处于控制状态(稳定状态)下的实际加工能力, 是指操作人员、机器、原材料、工艺方法和生产环境等5个基本质量因素综合的过程。数据分析要求在稳定称量过程中, 固定配方最小采样数据20个。 C_{pk} 计算方法如下:

$$C_{pk} = (T - 2\epsilon) / 6\sigma \quad (1)$$

作者简介: 李勇(1962—), 男, 内蒙古卓资人, 山东省高分子材料先进制造技术重点实验室教授, 硕士, 主要从事气力输送与橡胶机械相关技术开发与研究。

式中 T ——用户配方要求误差;

ϵ ——配料目标值与实际称量几何平均值的差值的绝对值;

σ ——标准偏差, 按式(2)进行计算。

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2)$$

其中, x_i 为实际称量值(kg); $\bar{x}$ 为称量值的几何平均值(kg); n 为样本数量。

C_{pk} 值按大小可分为5级, 分别为: A^+ , $C_{pk} \geq 1.67$, 无缺点考虑降低成本; A , $1.33 \leq C_{pk} < 1.67$, 维持现状; B , $1.00 \leq C_{pk} < 1.33$, 有缺点发生; C , $0.67 \leq C_{pk} < 1.00$, 立即检讨改善; D , $C_{pk} < 0.67$, 采取紧急措施, 进行品质改善, 并研讨规格。

1.2 投料精度

某国际著名轮胎公司对其密炼机上辅机的炭黑称量投料系统称量精度具体要求为: 0~15 kg 的称量误差为 ± 150 g; 15~75 kg 的称量误差为 1%; 大于 75 kg 的称量误差为 ± 750 g。 $C_{pk} \geq 1.33$ 。

从精度要求可以看出, 目前国内一些用户要求炭黑静态称量精度 $\pm 0.1\%$ 、动态精度 $\pm 0.25\%$ 明显不科学。称量目标值小于 15 kg 为 $\pm 0.1\%$, 大于 75 kg 时可以放大到 ± 750 g, 约 $\pm 1\%$, 这样可以大大提高称量速度。

参照 HG/T 20547—2000《化工粉粒产品包

装计量准确度规定》， C_{pk} 值不小于 1.33 时，表明该称量系统可以满足要求，这也是一些国际大公司提出的要求，一些公司提出过高的要求也是不切合实际的。

图 1 和 2 所示为某公司 2010 年对其两条密炼生产线上辅机投料精度的具体测试结果。密炼机 M2-4[#] 测试月份为 1—10 月份，密炼机 M3-2[#] 测试月份为 4—10 月份。两生产线的粉料配方均为炭黑 N115(80.3 kg)+白炭黑(18.5 kg)。

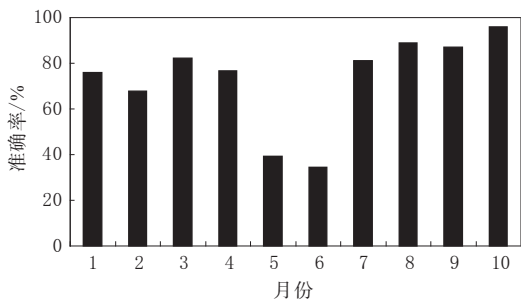


图 1 密炼机 M2-4[#] 上辅机投料精度

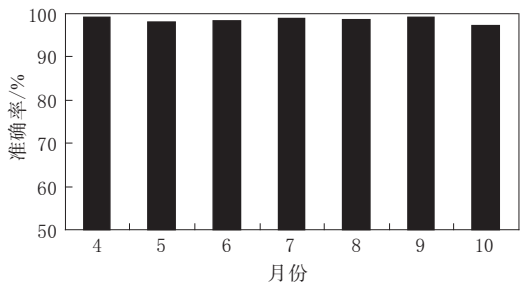


图 2 密炼机 M3-2[#] 上辅机投料精度

分析图 1 和 2 测试结果可以看出，密炼机 M2-4[#] 投料精度太差，与生产要求相差甚远，尤其是 5—6 月，受季节因素影响，其准确率不到 40%，严重影响了炼胶质量。密炼机 M3-2[#] 也只有 2 个月能达到生产要求。密炼机 M2-4[#] 为几年前设备，而密炼机 M3-2[#] 为最新设备。

1.3 存在问题及分析

目前橡胶行业的密炼机上辅机粉料称量投料系统均存在测试中发现的问题，投料精度差、速度慢，严重影响炼胶质量及效率。

1.3.1 物料性质的影响

当粉料处于气固混合态时，具有液体的高流动性和高压传导性，在流通方向上压差较大时易导致冲料自流现象；当粉料沉积堵塞时，又

具备固体的非流动性和高压阻隔性，导致阻塞断流现象；当正常给料处在半流态时又易造成架拱现象，引起物料密度和压力的波动，导致给料的波动。

自动给料称量系统的炭黑粒子破碎和粘附问题一直存在，而且由于一些特殊配方需要软质和脆性炭黑，使该问题更加严重。软质炭黑容易在胶料中分散。炭黑粉尘(原形状)由于浮在胶料上面不容易在胶料中分散。加入密炼机未分散的炭黑细粉团会造成产品报废，高浓度细粉也会造成炼胶周期不确定，延长混炼时间。炭黑细粉容易粘附到任何与其接触的表面，包括螺旋叶片表面，故一般螺旋给料机需要每年清理螺杆表面几次。对于低结构和低表面能炭黑如 N772 和 N774 等，尤其应该注意这些问题。

炭黑需要准确计量，计量范围从几千克到 200 kg，批误差应小于 1%，计量周期要求小于 90 s，若炼胶周期不确定，则下辅机运行会存在危险。细粉在螺旋给料器表面粘附造成粉饼脱落并进入密炼机后不容易分散，粘附层也容易造成螺旋堵塞，降低输送能力。

1.3.2 系统结构的影响

首次使用上辅机系统的用户往往比较注意配方精度。目前橡胶加工用秤的静态精度一般为 0.1%，没有任何技术问题，也是电子秤中常用的精度。由于粉体在动态和静态下有着巨大的动力学差异，造成目前炭黑称量和投料系统的精度较差，且投料速度较慢，存在残余，直接影响混炼胶的质量，进而影响企业的盈利和价值目标。另外，除炭黑投料精度差的问题外，投料系统还有投料时间长的问题，影响炼胶产量的提高。

目前的称量投料系统结构主要存在以下几方面。

(1) 采用变频器调速控制喂料螺旋输送电机时，由于操作环境、原材料的复杂性和多变性，很难保证称量速度和精度的长期稳定性。螺旋给料机的工作原理是基于满填充的单位螺距定容积物料输送。由于粉体流动性随机变化造成的密度变化会导致单位容积质量的不同，加上粉体压力增大时会造成超越螺旋运动速度的随机流动性前

窜,螺旋叶片与机壳间隙大时会加剧前窜流动性的发展,导致每个旋转周期螺旋给出的粉体质量会随机不同。

螺旋给料机中的物料主要受到进料填充压力(主要由卸料仓的工作结构和仓口压力决定)和前窜锁止力(主要由给料装置的工作结构决定)的作用。当料仓内崩塌形成的高流态含尘高压粉体进入给料装置时,填充压力远远大于锁止力,给料装置的工作结构不能吸收和释放其压力和流动性,锁止力又弱,就会造成粉体沿料路通道强行前窜形成自流,停机后会持续冲出粉料,直到仓内粉体高压动能释放完毕或出料堆积阻力高于料压后才停顿。当物料的粘性大时,物料容易粘附在叶片和机壳上,在给料装置的前端形成随机半径的细窄瓶颈,形成漏斗流,导致给料装置的工作结构不能获得满填充,造成粉体通道半填充全速运转,严重时甚至造成阻塞断料。

另外一种情况是,当螺旋给料机从额定工作流量紧急减速停机时,物料流动性前冲惯性会对螺旋叶片工作区造成高密实性挤压,而重新从静态停机开始低速启动给料时,粉体流动性最差且阻力最大,运行负荷大,但采用变频调速驱动的螺杆却正处于效率最低的工作段,输出力矩小,提升力矩过大可能造成电流超限保护自动停机;而在额定的流量工作区,由于流动性高、负载小、转速较高,变频调速反而处于效率较高的大力矩工作段。

(2)粉料秤的除尘器或滤袋长时间没有清理或呼吸管内物料积存,都会造成系统内的压力变化,导致物料称量不准。由于秤体尺寸大,在秤内产生几十帕的压力,将造成秤的称量误差达几千克甚至几十千克。呼吸不畅不仅会影响称量精度,下料效果也不好,使卸料减慢,影响密炼机的生产效率。

(3)炭黑后加料装置(备料斗、卸料阀和投料斜槽)结构对实际进入密炼机的炭黑(粉料)非常重要。其存料或堵塞将使炭黑秤的高精度失去意义。斜槽与密炼机连接,炼胶产生的热汽进入斜槽,不可避免会有粘附。粘附层积累到一定厚度就会发生堵塞,有时在整个炭黑秤下面的通道完全堵塞,炭黑秤无法卸料时才发现堵塞,造成几车

甚至几十车胶没有加入炭黑而报废。有时为加快投料时间,将卸料延时时间尽量压缩,也会造成卸料不彻底进而发生堵塞。

(4)粉料秤的卸料要求快捷、干净。采用气动蝶阀结构简单、可靠,但由于阀板的阻挡和挤压作用,使物料下料速度较慢,阀板粘料不容易彻底排净物料。虽然可以通过增大阀门直径加快下料速度,通过点动阀门、由振动辅助清料,但仍不能彻底解决,尤其是对小规格密炼机和称量精度要求高的场合。

(5)当储罐中的物料处于下料位且该粉料恰好采用气力输送,罐内物料较少,输送气体会对粉料产生冲击超差。

(6)粉料秤有人触动、粉料秤安装存在问题、粉料秤的限位杆受力、软连接太紧或太厚、空气软管布置和固定等都会影响粉料的称量精度。

2 解决措施

2.1 炭黑造粒

炭黑造粒可以减少炭黑颗粒与螺旋表面的动摩擦,进而大大降低由于炭黑颗粒与金属表面磨损造成粒子破碎,从而减少炭黑粒子的粘附。同时降低离子吸附几率和螺旋运动过程中的电荷传递。另外,试验证明,炭黑造粒能够改善天然橡胶(NR)的混炼特性,降低混炼生热,缩短硫化时间,改善NR硫化胶的力学性能^[2]。

2.2 系统结构改造

(1)储罐的卸料必须配套通畅充盈的大库整体流供卸料系统,利用粉体动态拱下泄机制保持仓口粉体压力密度的均衡稳定,要尽量避免空气混入粉体夹带卸出,保持仓口具备满填充自适应供给流动性,不但要杜绝漏斗流,还要大幅度消除仓内中高部位拱架垮塌的几率。为防止起拱及阻塞,可以采取偏心卸料口、曲线料斗、仓壁涂层或在卸料口安装射流喷嘴等措施。

(2)螺旋输送机若使用普通电机,易受电压的变化影响转速,一些采用稳压器方式的电机虽降低了电压变化的影响,但仍然有一定的影响。目前,一些给料设备采用变频电机或伺服电机,结合闭环控制,可以较好地解决电压变化对给料精度的影响。停机时应采取慢速停机,以防止物料惯

性前窜造成挤压,重新启动时采取中高速启动,可防止电流超限而保护自动停机。

(3)为防止物料在螺槽内挤压结团,可以采用变距螺杆。保证螺杆的加工精度,使螺旋叶片和机筒间隙为4 mm,可防止冲料。螺旋采用化学镀镍或镀硬铬可避免初始使用时由于较高的动摩擦造成粉尘粘附,同时可以降低粒子破碎率。也可以采用双螺杆啮合形式,两根螺杆同向旋转,对附着在螺杆上的物料有一定的清除作用,另外,双螺杆送料结构还具有输送量大、输送脉动小的优点。螺杆及槽体具有较高的硬度和耐腐蚀性,可减轻物料对其磨损和腐蚀。

(4)为防止粘料,还可以采用电加热螺旋。传统的加热螺旋在中空螺杆内部安装电热棒,通过加热螺旋表面使炭黑失去亲和力,不会发生细粉堵塞螺旋。采用电热棒加热时,螺旋长度不得超过3.6 m,否则需要2根电热棒从螺旋两端插入,增大了螺旋总长度,同时由于电热棒是静止状态,与螺旋轴存在摩擦,缩短电热器使用寿命,进而增加螺旋制造和维修成本。电热棒加热热传递大多数为辐射形式,热传导很小,传热效率仅为40%,为保证螺杆温度达到100℃,加热器温度需要250℃,且加热不均匀,螺杆中间温度较高,两端温度低,不均匀的温度会导致在喂料端和排料端粉料粘附堵塞。

采用旋转热管加热时,由于热管与螺旋轴接触一起旋转,热效率高,加热温度均匀。理论上热管加热效率是普通电热棒的2.5倍,可以采用电热带加热(冷却)伸出螺旋杆外部的热管,电热带可以采用标准产品,不论螺旋长度如何变化,电热带规格都可以相同,从而避免电热棒加热需要根据螺旋长度不同定制不同长度的电热棒的麻烦,还可解决用户因电热棒无法互换导致的备件困难。

(5)保证秤体在加料和卸料过程中能够自由呼吸,同时不产生粉尘外泄,存在一定困难。目前较好的办法是在炭黑秤顶部安装小型袋滤器,在卸料时脉冲清灰。粉料秤的滤袋或除尘器需定期清理,各呼吸管也应定期清理积存物料,保证呼吸通畅,根据实际积存情况决定清理周期,一般两个月一次。粉料秤和备料斗的呼吸管上端若与除尘

管路相接,在备料斗下料时,将不能及时增大炭黑上部的压力,导致炭黑不易下落。因此应该将呼吸管与除尘管路断开,另外接一根压缩空气进气管,由电动截止阀控制,可在短时间内及时增大炭黑上部的压力,但应注意避免进气压力过大对备料斗局部造成冲击。这样改进后,炭黑投料时间会大大缩短,可提高炼胶效率。

(6)在储罐内的物料到达下料位时若进行称量,应暂停该物料的气力输送,等称量结束后再启动气力输送。若称量粘度较大的物料,应将其放在中间称量,由其他物料包围加速其下料。

(7)增大卸料斜槽呼吸滤袋,采用脉冲清灰,保证呼吸正常。防止粘料的措施有:采用镜面抛光的不锈钢料斗和斜槽,喷涂聚四氟乙烯料斗和管道,采用软斗和软斜槽。其中由于炭黑和粉体堆积密度小、粘性大,采用前两种方式能够减轻粘附,无法彻底消除。由于炭黑堆积密度小,安装振动设备振动卸料效果也有限。软结构系统是目前最好的一种方式,它能够利用密炼机压砵上下浮动造成软管自然抖动进行清料。

备料斗采用圆形偏心料斗,若采用气缸抖动下料,位置尽量靠下,但需要注意内衬受力情况,防止顶破内衬。同时上部进料口偏离料斗出口,防止料直接落下压实出料口物料。

卸料阀的流通面积也影响卸料速度,DN500的蝶阀卸料速度比DN400的快1倍,时间缩短一半,但是与DN400的夹持阀相比,夹持阀的卸料速度更快(一般100 kg料卸料时间能控制在15 s以内),且卸料时间偏差小,有利于稳定生产。同时软的管夹阀本身开关动作不会造成表面粘附。当然,夹持阀本身存在一些固有的缺陷,如胶套的使用寿命和漏料问题。一般夹持阀胶套的使用寿命在1年以上,有的用户使用2年也没有出现问题,没有蝶阀可靠。不过为避免胶套破裂造成车间污染,建议用户1年更换1次胶套。关于夹持阀漏料问题,由于用户压缩空气波动容易造成夹持阀夹不紧出现的漏料问题,特别是流动性好的粉状白炭黑,则可以使用大的夹持气缸解决,气缸上增设气缸锁后,可以避免车间停气后备料斗内物料受重力作用压开阀门造成物料进入密炼机的

问题。

3 结语

密炼机上辅机的称量投料系统的精度和效率直接影响炼胶的质量和效率,进一步影响产品的质量,从而影响一个企业的效益。通过分析目前上辅机粉料称量投料系统存在的问题,进行相应

的工艺和设备改进,可以解决大多此类问题。

参考文献:

- [1] 李勇. 上辅机的现状和发展方向[J]. 特种橡胶制品, 2003, 24(6): 51-55.
- [2] 吴明生, 陈文星, 陈新中. 炭黑造粒对天然橡胶加工和物理机械性能的影响[J]. 中国橡胶, 2008, 24(23): 38-40.

收稿日期: 2011-12-16

工程机械子午线轮胎市场明显复苏

中图分类号: U463.341+.5 文献标志码: D

我国工程机械子午线轮胎在经历2年多的沉寂后,市场呈现明显复苏迹象。各工程机械轮胎厂的生产负荷迅速提高,尤其是全钢巨型工程机械轮胎,大部分工厂都满负荷生产,但仍满足不了市场需求。我国工程机械子午线轮胎工业有望进一步走好,并持续较长时间。

需求增加是工程机械子午线轮胎发展的驱动力。随着我国矿山和煤炭行业对安全投入的增大,矿山用车从传统依赖斜交轮胎到偏爱子午线轮胎,这将增加我国对工程机械子午线轮胎的需求。

在出口方面,北美经济复苏,其中矿业复苏对工程机械子午线轮胎形成强劲需求。据美国工程机械轮胎行业协会预测,北美对大规格工程机械子午线轮胎的进口将超过历史最好年份——2007年的纪录。北美工程机械子午线轮胎进口主要渠道在我国,也决定了我国工程机械子午线轮胎出口需求将增加。内需和外需的增加驱动我国工程机械子午线轮胎向好,并点燃投资热潮。

目前全世界工程机械子午线轮胎的库存处在较低水平。米其林北美轮胎公司主席皮特称,米其林工程机械轮胎在全球范围的需求增长出乎意料,现在所有工程机械轮胎几乎在出厂前都已名花有主。2008年8月后金融危机冲击波传递到钢铁行业,全球各地钢铁企业纷纷削减产量。铁矿石市场供求关系发生了逆转,终端用户的态度动摇了工程机械轮胎经销商的信心,使他们下单采购普遍较以前谨慎。工程机械轮胎制造商因此放慢工程机械子午线轮胎投资脚步并较大幅度限产,近3年我国工程机械子午线轮胎的投资几乎停顿。至2011年上半年,全世界工程机械子午线轮胎的库存大幅下降。

国内企业实力增强是工程机械子午线轮胎发展的基础。我国工程机械子午线轮胎起步于2002年,发展速度非常快。现在工程机械子午线轮胎生产厂家已达20多家,其中全钢巨型工程机械轮胎厂家已达10家左右。我国目前工程机械轮胎的年产能已达80多万条,双钱集团股份有限公司、三角轮胎股份有限公司和山东兴源轮胎有限公司的工程机械子午线轮胎年产能均在15万条左右,这在世界上都是屈指可数的。这些厂家生产的大中型工程机械子午线轮胎已广泛为卡特彼勒等工程机械制造商采购,说明我国大中型工程机械子午线轮胎已达到世界先进水平。

近几年国产全钢巨型工程机械子午线轮胎的质量水平有了较大幅度提高,单条轮胎的平均使用寿命已在5000h以上,尽管与米其林、普利司通有一定差距,但较巨型工程机械斜交轮胎的使用寿命已大大延长,安全性有了更多保证,得到了我国大型矿山设备制造企业的认可。加上全球性的工程机械子午线轮胎结构性短缺,我国工程机械子午线轮胎自然成为选择和采购对象。

工程机械子午线轮胎本身特点决定了其市场红火的时间将较长。工程机械子午线轮胎投资周期长且数额巨大,尤其是巨型工程机械轮胎技术难度大,这些因素决定了工程机械轮胎不可能在较短时间内大规模扩产或新建工厂。米其林和普利司通公司正计划建立新厂或扩产,但其达到产能要在2014年后。现在我国工程机械轮胎厂大规模也相对理智,短时间内很难增大太多产能。工程机械子午线轮胎使用条件相对较差,使用寿命普遍较短,翻新时间较长,替换可能性较少。综合上述各因素,预计工程机械子午线轮胎将持续火爆,时间至少持续到2014年。

(摘自《中国化工报》,2012-04-24)