

浅析密炼机升级改造中的注意事项

于江，田会娜，高玉茹，梁致福

(大连橡胶塑料机械有限公司，辽宁 大连 116036)

0 前言

在橡胶产品的生产企业中，密炼机通常作为生产线的首台设备。相比于开炼机和加压式捏炼机，它具有生产效率高、环保性高、自动化程度高、劳动强度低等优点。

近年来，受到“双碳战略”的大环境影响，以及国家和社会各界对环境保护的重视，各个橡胶产品的生产企业，对密炼机等炼胶设备的性能提出了更高的要求，“节能、环保、高效、智能”逐步成为密炼机等炼胶设备的发展方向。因此，正在服役的传统密炼机，不得不进行“升级改造”。

1 升级改造的类型

随着橡胶产品生产企业的发展，根据各个企业的需求和最终目的不同，密炼机的“升级改造”通常分为以下三种类型：

(1) 正在服役的密炼机设备，产能和性能满足需求，但由于设备的使用年限较长，部分关键零部件

损坏严重，需要进行更换。此类升级改造，简称“备机置换”。

(2) 正在服役的密炼机设备，产能满足需求，但对比新型密炼机，仍存在自动化程度低、劳动强度大、生产效率低、生产能耗大等缺点，需要进行技术升级。此类升级改造，简称“性能优化”。

(3) 正在服役的密炼机设备，产能不满足需求，需要进行设备规格的提升，扩大产能。此类升级改造，简称“产能提升”。

为了保证升级改造的顺利完成，在项目前期规划、项目实施过程、以及项目完工检测方面，有着诸多注意事项，只有将这些注意事项一一落实后，才能达成密炼机升级改造的最终目的。

2 升级改造中的注意事项

以大连橡胶塑料机械有限公司（以下简称“大橡塑”）生产的密炼机为例，其结构组成如表1所示。

表1 大橡塑密炼机结构组成

序号	整体结构	位置名称	部件名称	使用功能
1	五大部分	上顶栓	压料装置 加料装置 连接座	胶料的进料通道。加料门打开进行加料，加料完成后，加料门关闭。然后压砣下压保证胶料进入密炼装置中，进行炼胶。
		密炼装置	密炼装置	炼胶过程和炼胶反应的容器。
		下顶栓	卸料装置 锁紧装置	胶料的排料通道。炼胶结束后，锁紧装置解锁，打开卸料门，胶料排出。排出后，关闭卸料门锁紧装置重新锁紧。
		底座	底座	密炼机主机的承重单元。整个密炼机主机安装在底座上，且底座作为密炼机排料通道的延伸。
		传动装置	主电机、减速器、高、低速联轴器	密炼机炼胶的动力源，通过减速器的传动比和两根输出轴的速比，确定密炼机转子的转速。
2	四大系统	冷却系统	温控装置及冷却管路	为密炼机炼胶过程提供冷却水，保证炼胶过程中，胶料温度不会快速升高，防止混炼不均或者胶烧。
		润滑系统	干油润滑系统 稀油润滑系统 减速器润滑系统	为各个轴承、铜套、密封组等，提供干油润滑或干油密封。 为转子端面密封提供润滑油，提高动定环的使用寿命。 为减速器轴承提供润滑，并通过水冷，降低减速箱内油温。
		液压系统	液压装置及液压管路	通过液压油，驱动压砣、加料门、卸料门、锁紧肘杆、密封油缸等执行元件进行动作。
		电控系统	机体各类开关、传感器、机体导线，以及各个电气控制柜	控制密炼机运转，并进行密炼机运行状态的在线监测。
3	主机附属件	主机附属件	地脚螺栓、调平螺栓、电机垫板、各类防护罩	保证密炼机安装，和炼胶过程中的安全防护。

下文，将结合密炼机的结构如图1，按照“升级改造”的类型，逐个分析介绍密炼机在“升级改造”过程中的注意事项。

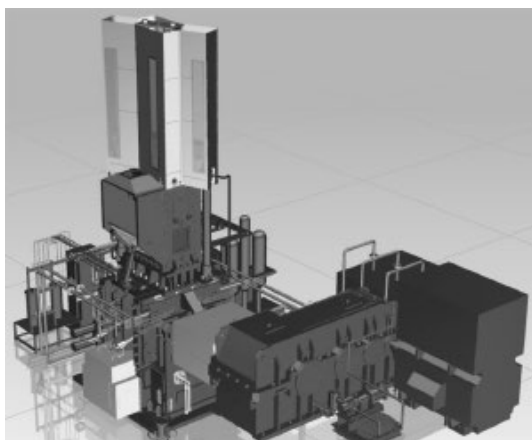


图1 密炼机结构示意图

2.1 备机置换

“备机置换”类的升级改造，是所有改造项目中最常见的，其多是由于关键零部件损坏严重，需要进行更换。根据其需要更换的零部件的种类、数量和难易程度，一般又分为“单件更换”和“部件更换”两类。

2.1.1 单件更换

密炼机设备需要进行单件更换时，主要是因为损坏的零部件已经影响设备性能，且无法利用原件修复。

2.1.1.1 需要进行“单件更换”的常见问题

需要进行“单件更换”的常见问题见表2。

2.1.1.2 需要进行“单件更换”的注意事项

对比其他类型的升级改造，“单件更换”相对简单，工作量也小。结合上文对需要进行“单件更换”的

表2 单件更换常见问题一览表

序号	问题类型	易发生位置	后果
1	磨损	压砣耐磨条	1.压砣撞击密炼装置耐磨板，噪音大。 2.压砣上、下行时，无导向和防护，压砣本体易刮蹭加料通道内壁。剥落的金属影响胶料配方和炼胶品质。
		压料导向杆或推杆铜套	上顶柱晃动
		加料门密封板	加料门两侧泄露粉料
		加料门轴密封垫板	加料门轴底部泄露粉料
		转子端面密封环（俗称动定环）	转子端面泄露胶料
		转子、密炼室或卸料门表面合金	间隙增大，降低对胶料的剪切力，影响炼胶效率和炼胶品质
		卸料门轴铜套	卸料门关闭不严，泄露粉料
		卸料垫块或锁紧垫块	锁紧装置过锁，卸料门无法打开
		压料推杆密封组	压料推杆泄露粉料
		转子端面密封定环O型密封圈	转子端面密封泄露胶料
2	损坏	各个通水冷却件	漏水
		各个油缸密封件	漏油
		转子轴承或减速器轴承	影响设备运行性能
		转子轴承骨架油封或减速器轴承骨架油封	漏油
		热电偶	胶料温度检测失真，影响炼胶品质
		位移传感器或接近开关	各个执行元件动作执行不到位，影响设备运行性能
		液压站各个阀及阀密封件	漏油
		旋转接头及密封件	漏水
		各类电气元件及线缆	检测结果或电气反馈结果失真，影响设备运行性能

常见问题的描述，仅须对磨损或损坏的单个零件进行更换即可。但是，在更换过程中，仍需要关注以下注意事项：

(1) 更换标准件或配套成品件时，可通过原密炼机供应商或在市场上进行采购。但是，须保证型号、尺寸一致，满足互换要求。

(2) 更换加工件时，建议通过原密炼机供应商进行采购，可以保证零件的加工尺寸和安装尺寸一致，满足互换要求。

(3) 更换有特殊结构或性能要求的零件，在安

装后须进行安装尺寸检测，满足使用要求，例如，动定环。动定环作为备件时，通常都是对开结构。因此，安装后，须保证剖分的结合面无缝隙、无台阶。而且，动定环作为密封件使用，密封接触面也需要保证其平面度（一般平面度要求为 ≤ 0.02 mm），防止使用时发生偏磨，或加快备件的磨损，导致转子端面密封装置漏料。

2.1.2 部件更换

2.1.2.1 需要进行“部件更换”的常见问题

密炼机的“部件更换”相当于“单件更换”的升级，

一般在以下三种状态下，需要进行“部件更换”：

(1) 原设备需要更换的单个零件较多，且更换难度大，更换的技术能力要求高。

(2) 原设备频繁发生故障，且通过某个或者几个零件的维修或更换无法解决。

(3) 原设备进入大修期，诸如转子、密炼室等核心件合金磨损严重，影响设备炼胶性能。

以上三种状态，都需要对原设备的各个结合部进行分解，对零件进行大范围的维修、更换。更换过程中须对设备分解、维修和再组装，无论是工作内容，还是技术能力，都不是用户厂维保人员所具备和能完成的。因此，一般需要由密炼机设备的原供应商或专业的设备大修团队完成。

2.1.2.2 需要进行“部件更换”的注意事项

“部件更换”不是更换密炼机设备的所有零部件，因此，更换前最重要的就是确认“供货范围”和“工作内容”。

(1) “供货范围”是指需要更换或维修的零部件明细。这其中，除了包含从表观上已明确磨损或损坏的零部件外，还需要关注容易被忽视的零部件，例如，各个密封件、各个旋转轴上的铜套、冷却管路、润滑管路以及液压管路等等。

(2) “工作内容”是指确认具体的更换或维修方案，并按计划实施。由于各个零部件的具体状态不同，因此，工作内容可分为更换和维修两个部分制定方案和实施。

“部件更换”其目的是将密炼机的性能恢复至新设备状态，更换后的部件，除了须保证与原设备的接口尺寸一致外，还要保证设备的整体运转性能不变。因此，以密炼机主机常发生更换的三大部件为例，在更换过程中，需要关注以下的注意事项：

(1) 如果更换的部件为上顶栓时，更换后需要检测压砣本体及压砣耐磨条与加料通道四周间隙，如图2所示。

a.如果间隙过大，会使得压砣下压时，工艺配方中的粉料，通过间隙返升到压砣表面，当压砣提起后，再由除尘装置将粉料吸出密炼机，形成粉料泄露的现象，污染工作环境，并影响炼胶的工艺配方。而且，大间隙也会导致压砣在有压浮动过程中与四周金属墙体频繁撞击，既产生噪音污染环境，也容易因撞击降低压砣耐磨条使用寿命，甚至产生金属屑混

入胶料中影响炼胶品质。

b.如果间隙过小，会使得压砣下压时，密炼室内炼胶产生的气体无法顺利排出导致压砣压不下去，无法正常炼胶。而且，小间隙也会使得压砣四周与加料通道容易夹胶，导致压砣无法上升或者下降，设备无法运行。

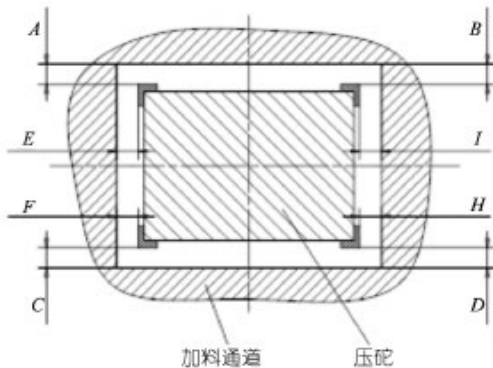


图2 压砣与加料通道间隙检测位置示意图

(2) 如果更换的部件为上顶栓时，更换后需要检测加料通道内，加料装置与密炼装置是否有台阶，如图3所示。

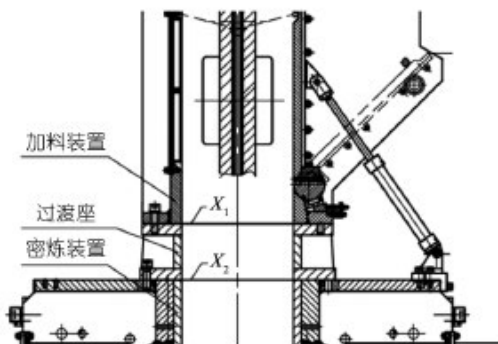


图3 加料装置与密炼装置台阶检测位置示意图

无论是上顶栓里的加料装置还是密炼装置，通常都是由四个零件围成的矩形口组成的加料通道。受到加工精度和装备精度的影响，加料装置的加料通道和密炼装置的加料通道，通常都因无法做到严丝合缝的对应而产生台阶。当压砣有压浮动时，此台阶会如同刀刃一般，快速刮削压砣耐磨条，严重降低耐磨条的使用寿命，而且刮削下的金属屑混入胶料中，影响炼胶品质。

(3) 如果更换的部件为上顶栓时，更换后需要检测加料门两侧密封板与加料装置左右侧板的密封接触率，如图4所示。

为了保证加料门开、关，加料门门体宽度会略小于加料装置左右侧板的间距。通过安装在加料门门板上的，并由弹簧顶紧的加料门密封板，与加料装置左右侧板的密封接触，使得加料门关闭后密炼机形成封闭内腔。因此，密封接触率是保证加料门密封性能的重要指标。

加料门密封板与加料装置左右侧板的密封接触率要求达到95%以上。当密封接触率小于95%时，炼胶过程中产生的水汽和烟气，会从加料门两侧溢出，污染工作环境。

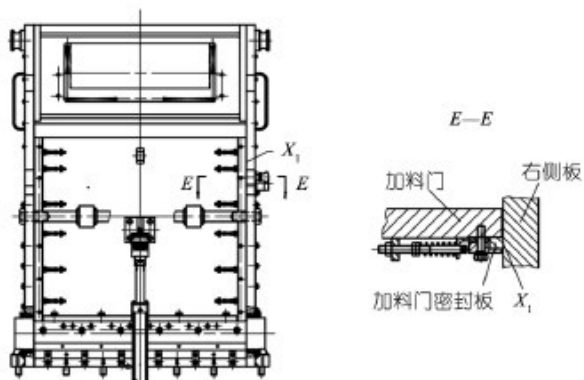


图4 加料门密封板检测位置示意图

(4) 由于密炼机的密炼装置和卸料装置是组装为一体的，二者通常一同更换。如果更换此部分时，更换后需要检测转子棱峰与密炼室内壁间的间隙，如图5所示。

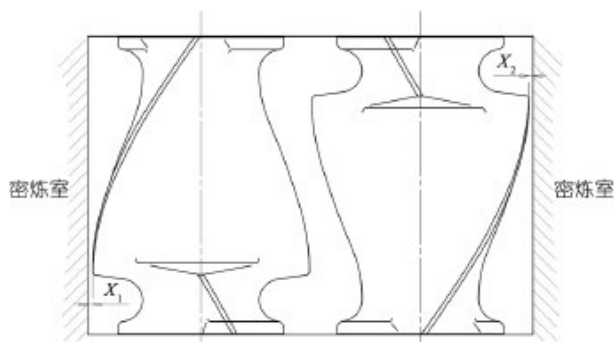


图5 转子棱峰与密炼室内壁间隙检测位置示意图

密炼机的炼胶，是通过转子棱峰与密炼室内壁之间进行剪切、碾压，将块状或片状胶料打散，剪断橡胶大分子链，再将炭黑、硫磺、油料等配方料研入，改变橡胶性状。

a. 如果间隙过大，对胶料的剪切和碾压能力下降，降低设备的炼胶效率，甚至降低炼胶品质。

b. 如果间隙过小，虽然对胶料的剪切和碾压能力

提升，但是胶料温升加快，炼胶周期缩短，胶料与配方料分布不均，降低炼胶品质。而且，小间隙还会导致炼胶过程中负载增加，电机容易出现过载故障，严重时，会烧毁电机。

(5) 如果更换的部件为密炼装置和卸料装置时，更换后需要检测卸料门的密封接触率和密封间隙，如图6所示。

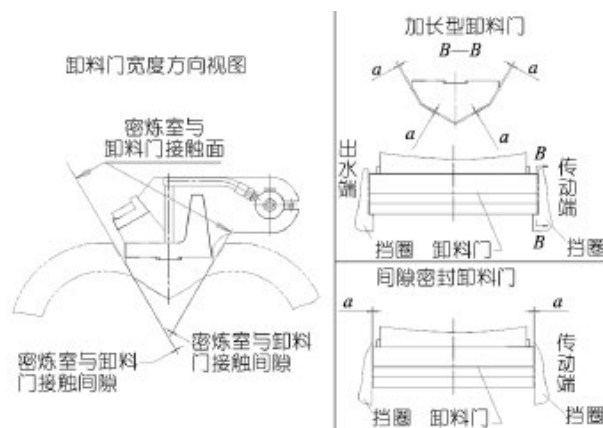


图6 卸料门密封检测位置示意图

经过多年发展，下落式密炼机的卸料门一般有两种结构，简单称呼为：短卸料门和长卸料门。短卸料门与密炼室密封面间为接触式密封，与出水端和传动端边支架间为间隙式密封；长卸料门与密炼室为接触式密封，且深入边支架内与挡圈间也为接触式密封。

接触式密封的密封接触率要求达到95%以上，间隙式密封的密封间隙要求在0.3~0.4 mm之间。当密封接触率小于95%或密封间隙大于0.4 mm时，炼胶过程中卸料门容易漏料；当密封间隙小于0.3 mm时，炼胶过程中卸料门容易热胀与边支架贴合，导致卸料门无法打开。

(6) 如果更换的部件为密炼装置和卸料装置时，更换后需要检测卸料门锁紧线的位置，如图7所示。

密炼机卸料门关闭后，通过锁紧装置中的肘杆推入，顶紧卸料门保证卸料门在工作过程中不会意外打开，卸料装置和锁紧装置中相关接触的两个零件分别为卸料垫块和锁紧垫块，二者为线接触，接触线为锁紧线。锁紧线位于锁紧装置的死点位置，在此位置，即使锁紧油缸无压力时，理论上也能够锁紧卸料门。锁紧线位置，通常用锁紧线距离卸料垫块端面的距离尺寸进行标定，一般为间距10 mm左右的一个范围值，类如：锁紧线范围为距离卸料垫块端面30~40 mm。

a.当锁紧线超过锁紧线范围值上限时，一般称之为过锁。此时，密炼机工作时，锁紧装置易发生无法来回开锁的故障，导致卸料门无法打开排料。

b.当锁紧线低于锁紧线范围值下限时，一般称之为锁紧不到位。此时，密炼机工作时，锁紧装置易发生自动退锁的故障，导致卸料门意外打开非正常排料，行业俗称“爆锅”。

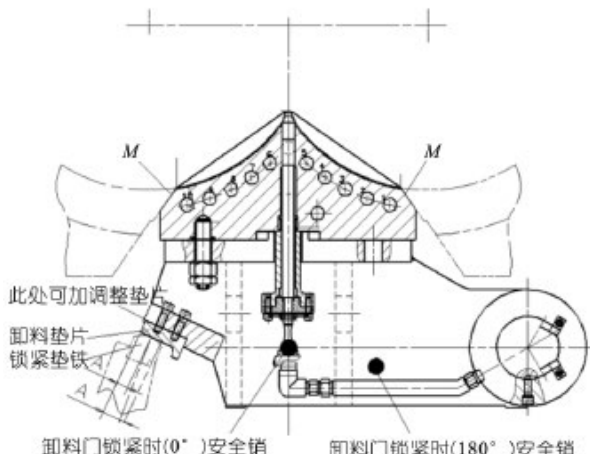


图7 锁紧线检测位置示意图

2.2 性能优化

在传统的橡胶产品生产企业中，密炼车间中的设备，尤其是密炼机，它的操作使用和生产一直以劳动强度大、工作环境恶劣、生产效率低、能耗大、用工难等而著称。为了改善这种现状，对传统密炼机进行“性能优化”，是一个很好的解题思路。

2.2.1 需要进行“性能优化”的常见需求

一般情况下，需要进行“性能优化”的密炼机，都是代表着该设备在某一方面或者某些方面功能，不满足当地的法律法规，或者不满足用户现阶段的使用需求，或者不满足用户长远的使用规划。比较常见的需求，有以下几方面：

(1) 提高密炼机自动化程度，降低操作工人和维保工人劳动强度，解决用工难得问题，并提高生产效率。

(2) 提高密炼机环保性能，改善工作环境，并降低非生产的物资损耗问题。

(3) 提高密炼机运转性能，降低生产物资损耗问题。

2.2.2 需要进行“性能优化”的注意事项

“性能优化”一般是在原设备的基础上，根据需求进行的结构优化或技术提升。下文将列举几种近些年

较为常见“性能优化”，并注明此过程中的注意事项。

(1) 密炼机增加点巡检功能。

密炼机日常运转时，为了保证设备开机率，一般工厂都会有专业的维保人员对密炼机进行日常巡检、维护，以便于能及时发现问题隐藏风险和故障。此工作，要求维保人员专业技术水平高、责任心强，而且工作强度大。

点巡检功能是在密炼机的各大零部件的关键部位增加传感器，通过传感器检测关键件的运行状态，以判断是否有故障发生，并预判关键件的使用寿命等。例如，减速器高速轴增加温度传感器和振动传感器。此项优化是通过提高密炼机的自动化程度，以仪器代替人工，降低密炼机设备对维保工人技术水平和责任心的依赖，也大幅度降低维保工人的工作强度。

在优化过程中，主要有三项注意事项：

a.需要确认增加传感器的零部件以及传感器的安装部位，是否有足够的安装空间和后期传感器的维修更换操作空间。

b.传感器检测到的信息，都是通过转化成电流信号或者电压信号，反馈到PLC中，再上传到密炼机控制系统或者上辅机控制系统中。因此，需要确认PLC中是否有足够的信号输入点来接收传感器输出的信号。

c.部分传感器的增加无法在线完成，需要将安装的零部件拆卸后加工。因此，加工后复装时，需要如“单件更换”或“部件更换”后一样，对一些安装后的间隙、密封等性能进行复检，保证密炼机运转性能不变。

(2) 增加气控清扫功能。

密炼机的炼胶工艺配方中一般存在大量粉料，而密炼机的压砣为了保证上、下行顺畅，与四周加料通道又存在间隙，因此，当炼胶过程中压砣下压时，粉料会通过间隙返到压砣上表面上。压砣提起后，常规的除尘系统无法将附着在压砣上表面的粉料抽除，此时打开加料门加料或者加料门密封效果不好时，就会有大量粉尘散溢到周围环境中，污染密炼机工作环境。传统密炼机遇到此问题时，都是压砣提起后，手动打开加料门，由操作工人，手动清扫压砣上表面附着的粉尘，既增加了操作工人的工作强度，也有诱发尘肺类职业病的风险，而且也降低了密炼机设备的生产效率。

气控清扫功能是在加料通道上方的盖板上，增加一套压缩空气喷管和气控系统。当上表面附着粉料的压砣提起后，空气喷管将压缩空气以脉冲形式喷射到压砣上表面，可以将粉料吹离压砣，起到扬尘作用。而此时，除尘系统很容易将扬起的粉尘抽除，有效的保证粉尘不会散溢到周围环境中，起到保护密炼机工作环境的作用。此功能，完全由密炼机控制系统的程序控制，无人工干预，有效的降低操作工人的工作强度，也避免的诱发职业病风险，提高了密炼机设备的生产效率。

在优化过程中，主要有五项注意事项：

a.需要确认增加空气喷管的加料通道上方盖板，是否有足够的安装空间和后期气控喷嘴的维修更换操作空间。

b.需要确认加料装置或加料装置周边，是否有气控柜的安装空间。

c.需要确认气源提供的压缩空气压力、流量、流速，是否满足气控清扫系统的耗气量。

d.气孔清扫系统是由密炼机控制系统的程序控制，因此，需要确认PLC中是否有足够的信号输入和输出点，来控制气孔清扫的动作。

e.空气喷管的安装孔无法在线完成，需要将安装的上顶栓整体拆卸后加工。因此，加工后复装时，需要如“单件更换”或“部件更换”后一样，对一些安装后的间隙、密封等性能进行复检，保证密炼机运转性能不变。

(3) 更换转子端面密封智能润滑系统。

密炼机的转子端面密封一般注入两种油：工艺油（或称软化剂）注入到转子端面和挡圈的间隙中，软化胶料呈糊状，起到密封作用；润滑油注入到动静环的接触面上，通过形成的油膜，起到润滑保护作用。工艺油和润滑油，由一个带有双油筒的润滑油输出装置分别存储，并采用变频电机带动油泵工作分别输出。

工艺油的注入与压砣动作协同，是间歇性注入。当压砣下压时注入工艺油，当压砣提起时停止注入，注油量小且可控，而且工艺油一般都是胶料的配方油。因此，工艺油的注入对炼胶工艺无影响，属于正常生产物资消耗。

而润滑油的注入是持续型注入，由定环温度反馈控制，四处密封注油量一致。当某一处定环温度增

高时，注油量增大，且四处密封注油量同步增大，此时，对于定环温度不高的密封处，大量的注油就会产生浪费。而且，润滑油一般采用齿轮油，油量增大后，不可避免的会进入密炼室中，污染胶料，甚至产生废胶。

转子端面密封智能润滑系统，是将润滑油存储于四个独立的油筒中，并由四个油泵分别对应四处密封独立泵油注入。当某一处定环温度增高时，对应该处密封的油泵单独增大注油量，其余密封位置注油量不变。此功能通过PID控制，根据转子密封实际运行情况，自动调节润滑油的注油量，避免了润滑油的浪费，降低润滑油污染胶料的风险。

在优化过程中，主要有以下两项注意事项：

a.润滑油泵的出油点和密封处的注油点必须点对点连接，需要确认原润滑管路和密封注油点是否齐全、畅通，是否具备新管路点对点连接的条件。

b.需要确认PLC中是否有足够的信号输入和输出点，来进行润滑油的注油控制。

(4) 更换永磁同步电机

密炼机主驱动技术，针对驱动器与电机，经历最近十余年的快速发展，已经由早期的直流驱动系统发展到交流变频驱动系统，乃至目前最新的永磁同步驱动系统。对比交流变频电机，永磁同步电机的机械特性（与直流系统相当）更优异、能耗更低、升降速响应时间更短。

在优化过程中，主要有以下三项注意事项：

a.因永磁同步电机与交流变频电机控制方式不同，需要确认变频器整体更换还是仅更换变频器控制板。

b.需要确认电机输出轴尺寸是否变化，原减速器与电机间的高速联轴器是否需要更换。

c.需要确认电机安装地脚孔尺寸和间距是否变化，原电机安装平台是否能直接利用，或是需要对平台改造并增加过渡底座。

2.3 产能提升

当橡胶产品生产企业进入良性发展阶段，随着产品市场份额增加，提效扩产必不可少。扩产方案主要有两种：一、增加新的密炼生产线；二、在原密炼生产线的基础上，更换密炼机，提升密炼机规格（增大炼胶容积）以提升产能。

“增加新的密炼生产线”为生产线的全新规划，不

属于升级改造，暂且按下不表。下文将着重对“提升密炼机规格”的升级改造，进行注意事项的阐述。

“提升密炼机规格”通常是在原密炼生产线上进行的改造，生产线设备的整体布局尽可能不改变，因此，其关键点在于前期的方案规划和确定，而后期具体设备的加工制造、安装、调试等与新设备无异。以下将详细介绍前期方案规划和确定阶段的注意事项。

(1) 密炼机提升规格后，其产能随之提升。为了保证整个密炼生产线的产能同步提升，需要确认密炼机下辅机（开炼机或挤出压片机）、胶片冷却机的生产能力是否能够匹配。

(2) 密炼机提升规格后，一般情况下，电机的功率都会有所增加，温控装置、液压站、减速器润滑站等装置的电机功率也有可能增加，即密炼机的整体装机功率增加。因此，需要确认原厂区变压器的功率、线缆等是否满足使用。

(3) 密炼机提升规格的升级改造最基本的原则是：利用原密炼机平台，即原密炼机平台可以进行局部改造，但不重建。因此，在做置换方案时，需要确认：

a. 根据新密炼机的动、静载荷，核算原平台的承载能力，确认原平台是否满足新密炼机的安装需求。

b. 以原平台的排料口中心线为锚点，核算原平台的面积尺寸，确认原平台是否满足新密炼机的安装需求。

c. 确认原平台的排料口尺寸是否满足新密炼机排胶需求。如果尺寸小于新密炼机的排料口时，是否具备扩口条件。

d. 确认原平台主机地脚螺栓孔相对定位尺寸是否满足新密炼机底座的安装需求。如果不满足，是否可

以通过特殊设计的过渡底座保证连接。如果过渡底座仍不满足，是否可以在原平台上增加新的地脚螺栓孔。

e. 新密炼机由于规格提升，减速器和电机的规格和尺寸一般都会增大，原平台上减速器和电机的平台高度和面积，不能满足新减速器和电机的安装，需要将此部分铲平，并通过特殊设计的过渡底座保证连接。此时，需要确认原平台上减速器和电机的安装地脚螺栓孔相对定位尺寸，是否满足过渡底座的安装需求。如果不满足，是否可以在原平台上增加新的地脚螺栓孔。

(4) 除了平台面积外，提升规格后的新密炼机，设备高度一般也有所增加。此时，需要确认原厂房高度，是否满足新密炼机的安装高度和运行高度。

(5) 提升规格后的新密炼机，加料门进料高度、上辅机投料后高度和连接尺寸，一般也有所不同。因此，需要确认原加料输送皮带秤的输送高度是否满足使用需求，炭黑等粉料投料输送装置的法兰口尺寸和连接尺寸是否满足使用要求。如果二者都不满足，是否可调整或增加过渡连接以满足使用要求。

3 结语

未来，密炼机的发展方向仍以“高效、智能、环保、节能”为主，因此，为了满足国家法律法规的要求，适应行业和企业可持续发展的需求，对传统密炼机的升级改造已势在必行。然而，无论是哪一类的升级改造，在整体项目搭建和实施时，只有将前期规划、实施过程，以及完工检测方面的诸多注意事项逐一落实后，才能达成密炼机升级改造的最终目的。

