

氮气硫化轮胎的争论点、注意点和好处

Mathur A N 著 王登祥摘译

在硫化工艺中使用氮气作为硫化介质的轮胎厂在全世界有 50 多家,在美国和加拿大有 20 多家。这个数字还在稳定增大之中,越来越多的硫化机从传统的蒸汽硫化和过热水硫化系统转向氮气硫化。此外,几乎所有的新厂和新的硫化机都附加了氮气硫化设施。

现在,已发现氮气硫化带来的很多好处,但最初使用氮气硫化主要是考虑到氮气是一种清洁、安全而简单的高压介质。氮气首次作为硫化介质来使用大约在 30 年前,但是当时没有得到广泛接受,大量使用氮气硫化是最近五六年的事。现在许多还没有转向氮气硫化的轮胎厂正在积极考虑这件事。

1 背景

传统上,高压蒸汽被有效地用于硫化轮胎,但是随着高质量轮胎的出现,如采用高强度带束层的轮胎,就需要采用比单一蒸汽硫化更高的压力来进行硫化,这就导致许多轮胎厂转向过热水硫化,这种较高的过热水压力能使轮胎在希望的较高压力下硫化,毋需相应提高温度(与饱和蒸汽压不同)。然而,由于采用过热水,就有较高的能源要求,也就加大了操作成本,增加了需要维修的设备(如压力泵和加热器)。

后来,随着工业的发展,在硫化工艺中采用燃烧煤气产生放热气体。这种工艺采用蒸汽和高压惰性气体混合。它的经济性已被证明,但也带来一些弊端,主要有易出现故障和机械损坏、高的维修成本、苛刻的工艺条件、可能的有毒环境和设备、管道的腐蚀等。

在气体硫化的后期,用氮气来代替前述的放热气体具有一系列独特的好处。氮气在

高压下存放,可省去几台大型机器;它是一种无氧、无毒、不腐蚀的惰性硫化介质。

2 氮气硫化系统

鉴于上面的理由,全世界的轮胎公司都在转向或正在考虑采用蒸汽和高压氮气混合硫化系统。在此系统中,蒸汽是热源,而氮气提供硫化过程中所需的高压。程序非常简单,只有很少几步。下面概要介绍工艺过程(见图 1)。

(1) 胎坯放入模具。

(2) 用低压(0.03 ~ 0.3 MPa)蒸汽或氮气充入胶囊,使轮胎准确地定型到一致的尺寸。

(3) 高压(1.4 ~ 1.7 MPa)蒸汽充入胶囊以提供轮胎硫化所必需的热量。这一步可能需 2 ~ 8 min,这取决于硫化轮胎的规格和类型。

(3) 高压(2.0 MPa 以上)氮气充入胶囊以提高胶囊压力并在硫化期间保持高压。

(4) 硫化结束,胶囊抽真空,轮胎出模。

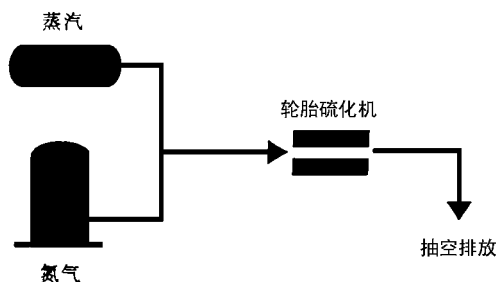


图 1 氮气硫化工艺过程

低压氮气用于定型,高压蒸汽用于加热,
高压氮气用于施压

3 氮气硫化工艺的好处

氮气硫化工艺有一系列的好处,得益多少取决于轮胎的类型和规格、硫化机的类型、能源成本、氮气的成本、胶囊的成本和寿命及操作的方式。上述每个方面的得益多少和改善的程度,随不同的工厂条件而会有不同的结果,因而对于每种硫化工艺,工厂仔细地比较比价成本、轮胎质量和劳动生产率的改善是很重要的一环。

3.1 较低的操作成本

- (1) 由于取消了热水加热和增压系统,因此降低了工厂的硫化能量成本 60 % ~ 80 %。
- (2) 用低压氮气定型,取消了低压蒸汽系统。
- (3) 排除了水处理和配置成本。

3.2 改善了轮胎质量

- (1) 较高的硫化压力改善了轮胎的质量。
- (2) 由于在硫化开始阶段能监视到氮气的泄漏,因而减少了废品轮胎的产生。

3.3 延长了胶囊使用寿命

在蒸汽、热水或燃烧煤气产生的废气中,氧含量较高,将引起胶囊表面氧化、变脆和早期损坏。而采用高纯度的氮气,其中氧的质量分数低于 1×10^{-5} (见表 1 和 2),因而硫化介质的氧浓度大为减小,可延长胶囊使用寿命 25 % ~ 100 %。

3.4 提高劳动生产率

- (1) 缩短了硫化时间。因为取消了热水加压和循环水步骤,抽真空也加快了。
- (2) 延长了胶囊寿命也就是节省了换胶囊所耽误的时间。

3.5 较少的设备维修量

采用氮气硫化后排除了原来的频繁维修项目如热水泵、加热器、水处理设备、放热气体产生装置等的维修、管道腐蚀、接头泄漏等。

3.6 较高的灵活性

采用氮气和蒸汽混合硫化可对特别的轮

表 1 硫化介质含杂质的质量分数

杂质名称	蒸汽/ 热水	蒸汽/ 惰性气体
氧	5×10^{-7} (热水) 5.1×10^{-6} (冷水)	1×10^{-5} —
一氧化碳	—	0.020
二氧化碳	—	0.105
氢	—	0.015
NO _x	—	痕量

表 2 氮气纯度分析

杂质名称	质量分数
氮	0.999 987
水	1×10^{-6}
烃	1×10^{-6}
一氧化碳	5×10^{-6}
二氧化碳	1×10^{-6}
氧	3×10^{-6}
氢	2×10^{-6}

胎规格进行温度和压力优化选择,因为对温度和压力可以有很多种的搭配选择(不像饱和蒸汽,温度和压力间有固定关系)。

3.7 较低的废品率

氮气定型轮胎具有均匀性和一致性,它不受胶囊温度和蒸汽压力波动的影响,可使由于胎坯座落位置不当而造成的废品率降低 25 % ~ 50 %。

3.8 改善了轮胎的质量

氮气硫化具有灵活性,它对于不同的轮胎可采用不同的硫化压力;可利用较高的压力来挤出胎坯橡胶部件之间的空气,从而改善了轮胎质量。

3.9 操作安全

因为燃烧煤气产生的放热气体是不燃性的,并且通常是惰性的(也称惰性气体),它通常含有笑气(N₂O)和二氧化碳,这类气体在操作区会损害健康;至于热水系统则特别需要对泄漏和腐蚀情况作周期性检查。

3.10 清洁和舒畅的操作环境

氮气系统用焊接连接,室外排放,因此操作环境既简单又清洁;氮气返回到大气中,没有有害物质需要处理和排放。

4 氮气供应选择

轮胎厂能以各种不同的方式得到氮气，这取决于有否专门的要求以及当地的条件，表 3 列举在选择氮气供应时应考虑的各种影响经济性和可靠性的因素。

表 3 氮气供应的选择

项 目	选择内容或目标
氮气的流量	稳定量供应
	高负载量供应
	低量供应
氮气压力	高压
	低压
氮气纯度	含杂质的质量分数 通常 $< 1 \times 10^{-7}$
是否临近制氮厂	便于得到技术服务

因为氮气在很高的压力 ($> 2 \text{ MPa}$) 下使用，所以每种供气选择必须是一种最佳的方法，以获得必要的高压。

4.1 槽车供应(参见图 2)

对于高纯度氮气要求以及中等氮气用量(少到 $566 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)，则槽车供应系统是一种经济性的选择。氮气以液氮形式储放在槽车里，到轮胎工厂后存放在一个双层罐壁的、真空隔热的低温储罐内。用气化方式将液氮转换成气体形式。

采用这种方式的话，可有 3 种不同的方式产生高压。

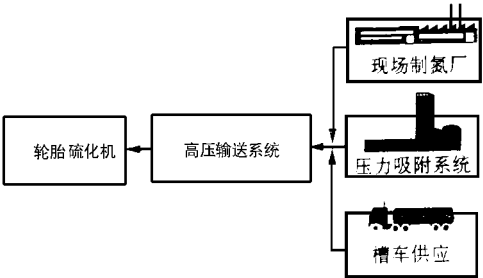


图 2 氮气供应选择

(1) 高压储罐(图 3)

液氮在轮胎厂可以存放在一个非常耐高压(标准设计有 2.7 和 4.1 MPa) 的储罐中，用加热释放的液氮来衡量气化，从而产生很

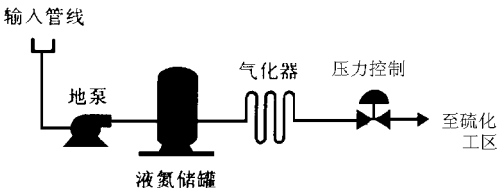


图 3 储罐供应系统

高的压力。用地泵将槽车的液氮抽到高压储罐。该系统的可靠性是最高的，因为大量的高压氮气总是现供给工厂，不通过其它中间装置。

(2) 高压液泵(图 4)

液氮存放在一些低压 (0.3 MPa) 储罐中，然后用专门的冷冻液压泵加压到 20 MPa ，然后在专门环境中气化(用蒸汽或电加热气化)，再将高压气体存放在一个大的气缸内，在使用前将气体压力调整到工厂需要的压力。该系统具有灵活性，可以调整到各种压力。但是，这种高压液泵是一种高级设备，有时要求专业技术服务。

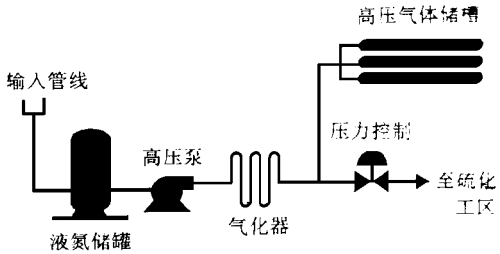


图 4 液泵系统

(3) 高压气体压缩(图 5)

高压气体压缩是将液氮存放在一个低压 (0.3 MPa) 储罐里，在使用前先气化，然后将它压缩到所要求的高压。如果在工厂已经有些很好的压气机时，这种做法是很好的；但是去新购压气机来安装的话就不是很经济了。

4.2 现场制氮(参见图 2)

对于大用量使用氮气硫化的情况(生产量约为每天 2 万条轿车轮胎)，在靠近工厂的地方安装一座制氮厂，不失为一种最经济的做法，制氮厂的生产规模以连续供应氮气满

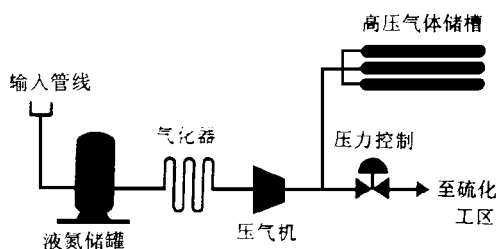


图 5 气体压缩系统

足生产为度。从制气厂生产出来的氮气通过管线直接通向轮胎硫化车间。必须说明的是,只有需要大量、连续供应氮气(如超过 $0.33 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)时才称得上具备经济性。

如果说设置现场制氮厂是最好的选择,那么根据硫化的要求,制氮厂要配备工程师、操作工和维修工。轮胎厂每月要向制氮厂付费,为了生产出氮气,轮胎厂要向制氮厂供应水电煤气,以及让出一块场地用于制备氮气。制氮厂将有下列工序:采集大气、过滤、压缩、纯化和液化,液氮从分馏塔馏出,然后再压缩到适合输送的压力。虽然这种现场制氮厂是非常可靠的,通常仍有备用液氮存放和气化系统以保证正常的液氮供应。

4.3 非冷冻供应系统(直接制取氮气)

压力吸附系统和离子交换膜系统是生产低成本非冷冻氮方面快速出现的新技术,使轮胎硫化有了新的选择。在上述的每个系统中,氮气的纯化依然是一个争论点,其次是除氧系统,要求达到液氮那样的纯度(译者注:据译者从米其林公司获得的信息,此种方法尚不成熟,氧含量太高,故不做详细介绍。)

5 氮气硫化的注意点

随着简单有益的氮气硫化系统的出现,有如下几处易犯的错误和需提请注意的地方。

5.1 气体泄漏

气体的泄漏点可能在下述各处:进入硫化机以前的管道和阀门、硫化机的中心机构或胶囊装配口。无论在哪里泄漏,这种高压

氮气的流失不仅增加了生产成本,而且还由于泄漏带走了宝贵的硫化能量。此外,氮气泄漏还可能带来安全问题,因为氮气泄漏会造成工作环境的氧含量减少。

所有的管道和阀门在安装后要马上进行泄漏检查,此后还要定期进行检查。安装时只可选用耐高温、高压的阀门。在硫化机上配用的密封圈和垫片必须是能够耐高压氮气操作的。必须正确地装配胶囊,保证不会有氮气泄漏。

5.2 温度差异

在硫化初期,在蒸汽开始热模阶段,由于在下部胎侧的胶囊有些蒸汽冷凝水,因此在同时升温时,下胎侧温度升高要比上胎侧慢。这和过热水硫化不同,在过热水硫化时一旦过热水引入,上下胎侧部的温差就会减小;用氮气硫化时,在整个硫化周期内其温差是增大的。对某些长时间硫化的轮胎,比如硫化载重轮胎,温差高达 11°C 时就不能接受了。

通过采用“喷嘴”设计(参见图 6),将蒸汽和氮气直接喷射,就有可能将胶囊下胎侧部的冷凝水移去,此法可能将温差降到 3°C 以下。

5.3 温度衰减

用氮气硫化时,在氮气导入后再没有附加的热量引入胶囊。在硫化周期较长的轮胎硫化时,在硫化周期的后半节,可能引起橡胶温度缓慢地降低,它使硫化速度减慢,以至不得不延长硫化时间。

对于温度衰减问题,可以用引入附加蒸汽的方法来解决,使之有足够的蒸汽来维持橡胶硫化所要求的温度。

5.4 氮的流量和压力

按照氮气的最高供应量(峰值)来设计氮气供应装置以及设置管道和阀门是十分重要的。因为氮气充满胶囊的时间不到 10 s ,所以要求氮气充入每台硫化机都要呈湍急状态。由于各台硫化机之间并不总是保持有序操作,有可能在某一瞬间对氮气有大流量要

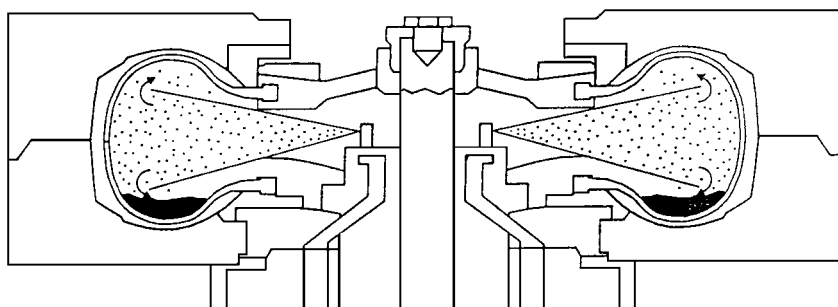


图6 氮气硫化喷嘴设计

求,此时仍必须保持高压,所以氮气的压力需要专门设计,使之在很高的压力下仍保持湍流。

5.5 安全性

氮气是一种窒息性气体,故该系统设计必须保证使氮气不会在某一个范围内或某一个不透气的区域内聚集。供氮系统的所有管道必须定期进行泄漏检查,且氮气必须排放在室外。

输送氮气管道不允许安装在一个狭窄的不通风的空间,例如地沟里。因此要求在使用氮气区域一定要适当地通风,同时在某些特定区域,要求监测空气中氧的浓度。

但是最重要的是,对于和操作氮气有关的人员应该进行安全教育和培训,晓以可能的危险性。

6 争论点

采用氮气硫化的经济性和利益可能在不同的工厂以及硫化不同类型的轮胎会有不同,因此在转变或者安装氮气硫化系统之前评价和分析下述因素是重要的。

6.1 氮气成本

氮气成本对氮气硫化工艺的经济性具有唯一的、最大的影响力。氮气成本由两个因素决定:每单位体积氮气价格和氮气使用的效率。

(1) 氮气价格

氮气价格取决于得到氮气的方式、当地

的能源成本、从液氮厂到轮胎厂的运输距离等。总的说来,对大用量氮气用户来说,其成本是低的(比如设立现场制氮厂)。

在北美,现在液氮的供应价格低于欧洲或亚洲。氮气的销售以标准立方英尺或标准立方米为单位。在美国,氮气的销售基于上面的因素从5~15美分·m⁻³不等。

(2) 氮气利用率

氮气相对高的成本决定了需要保持较高的氮气利用率,这就意味着在整个供氮系统中没有泄漏,无论在开始硫化时还是硫化中期。故定期的查漏是非常重要的,否则,氮的泄漏不易察觉。根据氮气的消耗量来监控泄漏不是件易事,因为氮气的流量是随着生产的变化而波动的。氮气消耗量的波动不但和硫化轮胎的规格和压力有关,也和硫化机的类型有关。对于硫化轿车轮胎,每条轮胎的用氮量为0.28~0.99 m³不等。

6.2 硫化机条件

某些硫化机,特别是老旧硫化机,可能没有合适的垫片/密封圈或其它条件来转为氮气硫化。因为可能在短时期内造成氮气外泄,这种泄漏在硫化机内很难被检测出来,也很难补救,所以重要的是检查硫化机的中心机构设计,并且和硫化机的制造商讨论,是否需要替换某些零件以适于使用高压氮气。老旧系统在改用高压氮气硫化时可能难度较大,因为甚至解决一个很小的泄漏问题也会花好多钱。

7 结语

用氮气硫化给轮胎厂带来一系列的好处,例如降低成本、改进轮胎质量、延长胶囊使用寿命、较高的生产效率、较低的维修费用、较高的灵活性、较低的废品率和较高的安全性,还提供了—个清洁的生产环境。

但是在考虑转变或者安装氮气硫化系统前,本文列出一些争论点和注意点提请注意,如果这些问题没有事先解决好的话,可能引发出较高的硫化成本以及增加维修费用问题。

译自 ITEC'94 论文选

天津橡塑机公司全钢载重子午线轮胎一次法成型机与 90 钢丝帘布裁断机出厂评议会在津召开

为实现子午线轮胎关键生产设备国产化,满足我国子午线轮胎生产规模不断扩大的要求,天津市橡塑机械联合有限公司(以下简称“天津橡塑机公司”)分别与上海轮胎橡胶(集团)股份有限公司载重轮胎厂、安徽开元轮胎有限责任公司联合开发出适用于费尔斯通工艺技术的 THD-50 型全钢子午线轮胎一次法成型机和 XJL-XCG-Z-90/F 型 90 钢丝帘布裁断机、适用于倍耐力工艺技术的 TTRG45 型全钢子午线轮胎一次法成型机和 XJL-XCG-Z-90/P 型 90 钢丝帘布裁断机,现已在天津制造现场完成负荷试车。为进一步完善上述设备的质量和性能,由中国化工装备总公司、中国橡胶工业协会轮胎分会、天津市科学技术委员会于 1998 年 10 月 8 日在天津市联合召开了“全钢载重子午线轮胎一次法成型机与 90 钢丝帘布裁断机出厂评议会”。

出席会议的有国家经贸委、国家石油化工局、中国化工装备总公司和天津市有关领导,生产单位——天津橡塑机公司和用户单位——全国大型轮胎厂及研究院所代表共 50 余人。与会代表听取了著名民营企业家、天津橡塑机公司董事长兼总经理张芝泉介绍这几种新设备的特点,并参观了现场操作演示。

与会代表和专家评议小组认为,天津橡塑机公司在短时间内开发出两种具有创新性的钢丝子午线轮胎成型机是难能可贵的。两

种成型机在费尔斯通和倍耐力机型基础上有所改进,符合费尔斯通和倍耐力工艺技术要求,经过 1 年试用后又进一步进行了改进(如主轴改进、鼓的配合等),提高了质量,减轻了工人的劳动强度。这两个机型是国内对引进子午线轮胎生产设备在消化吸收基础上改进创新的典范。子午线轮胎 90 钢丝帘布裁断接头机组过去国内没有,裁断后转向 90°,结构新颖,是一个开创,希望今后在使用中进一步考核,以达到轮胎产品技术要求。专家还提出了成型机指示灯用电脑控制机械定位,不允许手工调整;4 层带束层供布架改为 2 层,由贴合鼓传递以及将胶囊鼓改为金属鼓等改进意见。

引进一次法成型机价格为 120 万美元(约合 1 000 万元人民币),而天津产品仅需 430 万元人民币,经济效益十分显著。天津产品的生产效率可与进口产品媲美,每台班产量达 50~55 条,适用规格从 9.00-20~12.00-24.5,且更换生产规格所需时间缩短很多,维修方便,备品备件供应充分。天津一次法成型机技术性能稳定,在上海轮胎橡胶(集团)公司载重轮胎厂使用,胎坯合格率达 99.5%以上。

目前全国有 12 家轮胎厂计划上全钢载重子午线轮胎项目,以每家年产 30 万条轮胎计算,就需要 10 台成型机,因此一次法成型机市场前景广阔。与会各级领导及代表希望天津橡塑机公司在现有基础上进一步完善机器结构,提高产品质量,更多、更快、更好地为我国轮胎工业提供子午线轮胎生产设备。

(本刊编辑部 涂学忠供稿)