

三元氟橡胶非金属补偿器的研制

裴 群

(沈阳市红星密封材料厂, 辽宁 沈阳 110045)

摘要: 简介大型/特大型整体复合型三元氟橡胶非金属补偿器的研制。采用三元氟橡胶胶料和无碱膨体纱玻璃纤维织物, 以特制双U形压型模具、压角模具和接头模具, 制成脱硫设备和锅炉烟风系统用大型/特大型整体复合型非金属补偿器。实际使用时产品密封性能和耐腐蚀性能好, 补偿量大, 完全满足用户要求, 性能达到或超过FSA-DSJ-402-09标准。

关键词: 非金属补偿器; 三元氟橡胶; 无碱膨体纱玻璃纤维织物

非金属补偿器也叫织物补偿器、非金属膨胀节或非金属软连接, 具有多向补偿、吸收位移量大、不反弹、外表温度低、隔热、减震、降低噪声、耐高温、耐腐蚀、耐磨损、质量小、成本低、安装维修方便等优点。非金属补偿器作为一种挠性连接元件, 广泛用于矿山、冶金、电力、水泥、建材、核能、石油化工等行业的流体输送管道和设备中。

近年来, 我国非金属补偿器的材料、结构、生产工艺和应用领域都在不断发展。现在非金属补偿器的适用介质已从最初的低温段烟气发展到高温、高压、高腐蚀气体、液体和固体混合介质。我国大多数脱硫设备和锅炉烟风系统使用的非金属补偿器普遍存在使用寿命短、渗漏严重、更换不便和维修费用高的问题。开发这一应用领域的新型非金属补偿器, 提高非金属补偿器的性能, 满足日益发展的市场需求, 已成为亟待解决的问题。

1 研制目的

非金属补偿器的主体为非金属柔性部件, 按结构可分为多层叠加缝合型和整体复合型。多层叠加缝合型非金属补偿器生产工艺简单、安装方便快捷, 在我国应用普遍, 在介质腐蚀性不大的干燥烟风道中可以安全使用, 而在含有大量腐蚀性气体、液体和固体混合介质的湿法烟气脱硫系统中使用则常出现如下问题: 材料多层叠加平铺, 层间无结合

力、结构和性能差异较大, 强度小且不均; 织物增强材料不耐腐蚀, 表面涂覆层簿, 容易破损和渗漏; 紧固螺栓孔密封性能不佳, 水蒸气容易渗入层间, 腐蚀织物增强材料, 降低增强材料强度。针对这些问题, 国外发达国家采用特种橡胶和优质织物增强材料, 研制了整体复合型非金属补偿器, 但其原材料成本较高, 产品价格不菲。近年来我国也着手研制整体复合型非金属补偿器, 但由于材料性能欠佳和加工工艺不完善, 大部分产品性能提高不大, 寿命延长不多。沈阳化工大学研制的SYF非金属补偿器是一种能适应苛刻脱硫环境要求的大型/特大型整体复合型三元氟橡胶(以下简称氟橡胶)非金属补偿器, 本工作对SYF非金属补偿器进行研制。

2 性能要求

依据美国流体密封协会FSA-DSJ-402-09《氟橡胶带推荐标准》标准, SYF非金属补偿器具体要求如下: 氟橡胶性能符合ASTM D 6909《耐高温耐酸氟烃三元共聚物合成橡胶》的规定; 橡胶层与织物增强层之间的最低粘合强度为 $4.0 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$; 复合材料应力符合ASTM D 412《硫化橡胶和耐热塑料抗拉强度的试验方法》的规定; 复合材料粘合强度符合ASTM D 413《橡胶性能试验方法 柔性基材的粘合强度》的规定; 氟橡胶耐甲醇、甲苯性能符

合ASTM D 471《橡胶性能试验方法 液体的作用》的规定^[1]；产品宽度（500±5）mm，厚度（6±0.2）mm，使用温度-50~250℃，使用压力-5~50kPa。

3 产品制备

3.1 胶料和增强材料

3.1.1 胶料

非金属补偿器的氟橡胶胶料必须与耐高温、具有高强度和高弹性的织物增强材料粘接，并在橡胶层与织物层之间和补偿器表面形成隔绝液体和气体的密封、防腐、耐磨层。SYF非金属补偿器胶料选用的氟橡胶氟含量不小于68%，胶料含胶率不小于70%。该氟橡胶胶料物理性能指标见表1。

表1 氟橡胶胶料物理性能指标

项 目	指 标	测试方法
硫化胶性能（150℃×20min）		
邵尔A型硬度/度	80±5	ASTM D 2240
拉伸强度/MPa	≥7	ASTM D 412
拉断伸长率/%	≥275	ASTM D 412
密度（25℃）/（g·cm ⁻³ ）	1.87±0.03	ASTM D 297
260℃×70h热空气老化后		
邵尔A型硬度变化/度	±10	ASTM D 573
拉伸强度变化率/%	-40	
拉断伸长率变化率/%	-30	
质量变化率/%	+5.0	
23℃×70h液体浸泡后溶胀率/%		
甲醇	≤40	ASTM D 471
甲苯	≤30	

3.1.2 增强材料

为提高强度和延长使用寿命，SFY非金属补偿器需采用芳纶纤维织物和玻璃纤维织物等作为增强材料。芳纶纤维织物虽然性能最好，但价格昂贵，应用推广较难。一般玻璃纤维含碱量较大，其织物强度和耐热性能较差。本工作采用隔热保温性能好、强度大、模量大、柔软性好的EW1200型无碱膨体纱玻璃纤维织物作为增强材料。无碱膨体纱玻璃纤维织物是耐高温高强度型玻璃纤维纱经过膨化

处理后，经特殊工艺加工而成，是一种新型高效过滤材料。EW1200型无碱膨体纱玻璃纤维织物的性能指标见表2。

表2 EW1200型无碱膨体纱玻璃纤维织物性能指标

项 目	指 标
厚度/mm	1.2±0.10
宽度/mm	1000±2
经密度/[根·（10cm） ⁻¹]	66±2
纬密度/[根·（10cm） ⁻¹]	32±2
每卷长度/m	50±1
组织纹理	平纹
单位面积质量/（g·m ⁻² ）	1000±45
抗拉强度/MPa	
经向	≥0.002
纬向	≥0.0014
最大耐热温度/℃	550

为提高氟橡胶胶料与增强材料的粘合强度，还需要用硅烷偶联剂对增强材料进行表面处理。

3.2 设备和模具

制备SYF非金属补偿器的设备包括橡胶制品常用加工和检测设备。胶料混炼采用密炼机和开炼机，出片采用开炼机或压延机，硫化采用平板硫化机，增强材料表面处理采用喷雾器和烘箱，做角和接头采用电热式压力机，冲孔采用冲床。此外还需要如下特制模具。

3.2.1 压型模具

根据非金属补偿器的特点，参照管路挠性带法兰沿橡胶接头构形，设计压型模具。该模具采用冷端重复、分段加热的硫化方式，半成品被压制的同时外翻，压制出设备与烟风道金属法兰连接的一体法兰沿；为减少非金属补偿器与法兰压板的补偿变化磨损，法兰底部设计双U形过渡圆弧，以避免弯曲压折；补偿器中间设计波形弧面，以避免成品表面褶皱不平；法兰沿的垂直截面为楔形，边缘厚度比其它部位大1.5~2mm，这样既有利于模具的装料和合模，又能在补偿器安装时保证压板压实，提高补偿器的密封性能。用这种模具进行倒位连续模

压硫化,可制成大型/特大型带波形截面和楔形法兰边的SYF非金属补偿器。

3.2.2 压角模具

因为脱硫设备和锅炉中的烟风道大多为矩形,为使SYF非金属补偿器产品安装时能更好地与法兰的矩形拐角精确吻合,本工作设计了与烟风道法兰拐角对应的硫化压角模具。该模具的特点是,可将已预硫化的半成品按矩形拐角法兰进行高温热合做角,也就是在带状半成品上做出与设备和烟风道接口法兰吻合的法兰角,形成与设备和烟风道连接的反法兰。另外,压角模具还能进行升温、控温和产品脱模,并能压出胶料的边缘。

3.2.3 接头模具

非金属补偿器是安装后与烟风道上的接口法兰形成一个无缝且可在金属烟风道和设备热胀冷缩时进行补偿密封的筒状柔性部件。随着火电燃煤发电机组向大型化方向发展,非金属补偿器的规格和长度也在不断增大,难以整体一次成形。为保证产品的接头质量和强度,本工作设计了与压型模具截面形状相同的热压硫化接头模具,用该接头模具可以在工厂或安装现场快捷地制作接头。

3.3 加工工艺

3.3.1 增强材料表面处理

为提高氟橡胶胶料与玻璃纤维织物的粘合强度,保证SYF非金属补偿器的性能,本工作对玻璃纤维织物表面进行处理。由于硅烷偶联剂不会降低玻璃纤维织物强度,能分别与玻璃纤维织物和氟橡胶胶料发生反应,大幅提高玻璃纤维织物与氟橡胶胶料的粘合强度,故选用硅烷偶联剂对玻璃纤维织物进行表面处理^[2]。将硅烷偶联剂KH550配制成质量分数1%的乙醇溶液,然后用喷雾器对玻璃纤维织物进行喷涂,并把喷涂好的玻璃纤维织物烘干,再与氟橡胶胶料粘接。偶联剂喷涂液应随配随用,以防硅烷缩聚水解而失效。处理好的玻璃纤维织物应及时使用,不能放置太久。经表面处理后的玻璃纤维织物与氟橡胶胶料的粘合强度可提高30%~100%。

3.3.2 氟橡胶胶料加工

在SYF非金属补偿器的研制中,氟橡胶胶料的

加工至关重要。胶料采用一段混炼^[3],混炼温度低于110℃(硫黄/促进剂体系)或120℃(过氧化物DCP硫化体系),混炼胶在开炼机或压延机上加工成一定厚度和宽度的胶片。开炼机下片的条件为:辊温40~50℃,胶片厚度2~3mm;压延机下片的条件为:上辊温90~100℃,中辊温50~55℃,下辊冷却。胶片表面必须光滑,不得存在气泡和纹痕。

3.3.3 成型

SYF非金属补偿器材料的成型按产品的展开宽度、长度和厚度,将裁剪好的胶片和玻璃纤维织物以三胶两布的形式叠放,再在平板硫化机上在低温条件下将其快速压成带状坯料,即利用硫化前胶料的粘性和流动性把玻璃纤维织物与胶片压合并粘接在一起,然后将该带状坯料装模硫化。胶片和玻璃纤维织物宽度为(500±5)mm,三胶两布的叠合厚度为(6.5±0.3)mm;热合平板的加热温度为(120±10)℃,压力为1.5MPa,时间为3min;带状坯料宽度为(500±5)mm,厚度为(6.0±0.2)mm。

3.3.4 硫化

首先将模具安装在硫化机上,对模具进行加热,当模具温度达到工艺要求时,打开模具,涂好脱模剂,用周转倒料车将带状坯料的一端装入模具,开始分段硫化。硫化工艺参数为:上、下模具之间的间隙为5mm,模具温度为(170±10)℃,硫化压力为2.5MPa,硫化时间为12~15min,硫化后法兰边缘厚度(7±0.2)mm,波形截面厚度(5.0±0.2)mm。硫化后得到的带有波形截面和楔形法兰边的整体复合型非金属补偿器材料。

3.3.5 做角和接头

通过法兰翻沿的做角模具按连接法兰的翻角位置做出相应的法兰翻沿角。做角时,首先按法兰尺寸进行切口并将切口边缘粗化打磨,然后用丙酮清洗,再准备好补角所用的相同材料,剪成适当大小,在加热的做角模具上硫化做角。

在做角后的非金属补偿器半成品上,对预留的接口部分进行接头连接面的表面处理。处理工序为:剥离搭接部位层面,粗化打磨接合面,用丙酮

清洗, 核实接头尺寸, 再准备好所用材料, 在加热的接头模具上进行接合压制。做角和接头的压制工艺参数和硫化参数相同。

3.3.6 冲孔和安装

按生产图纸做好翻角和接头后, 还应根据安装连接法兰的螺栓位置冲好安装孔, 安装孔的大小应根据螺栓尺寸决定。采用冲孔模具或冲床冲孔。

SYF非金属补偿器经检验合格后, 安装在脱硫设备与烟风道相连的金属结构部件上。安装时要保证非金属补偿器和压板的边缘对齐, 表面平整, 螺栓紧固到位, 压板压实, 使非金属补偿器与法兰完全密封, 无渗漏。

4 产品性能及应用

经沈阳产品质量监督检验院检测, SYF非金属补偿器的氟橡胶胶料性能见表3。

表3 SYF非金属补偿器的氟橡胶胶料性能

项 目	测试值	指标 ¹⁾
硫化胶性能 (150 °C × 20 min)		
邵尔A型硬度/度	76	80 ± 5
拉伸强度/MPa	10.8	10~15
撕裂强度/(kN · m ⁻¹)	12~40	
拉断永久变形/%	359	≥275
甲苯浸泡 (23 °C × 70 h) 后膨胀率/%	21	≤30
密度/(g · cm ⁻³)	1.88	1.87 ± 0.03
260 °C × 70 h热空气老化后		
邵尔A型硬度变化/度	+8	± 10
拉伸强度下降率/%	28	≤40
拉断伸长率下降率/%	21	≤30

注: 1) FSA-DSJ-402-09和ASTM D 6906指标。

从表3可以看出, SYF非金属补偿器的氟橡胶胶料性能符合FSA-DSJ-402-09和ASTM D 6909要求。

2007年以来在6家电厂的脱硫设备上进行了SYF非金属补偿器成品的应用试验。SYF非金属补偿器使用部位为燃煤后烟气脱硫 (FGD) 设备吸收塔进出口、烟气换热器 (GGH) 进出口、除雾品进出口以及脱硫后的净烟气烟道、净烟道出口、旁路烟道

等。这些部位工况条件苛刻, 且普遍采用石灰石-石膏湿法烟气脱硫系统。进入FGD设备的烟气温度为120~160 °C, 脱硫后的烟气温度约45 °C, 经GGH后可达80 °C以上。整个烟气管道温差变化较大, 无论是轴向还是径向, 都会产生较大的热效应位移。同时, 管道内介质组成也非常复杂, 既有高温烟气, 又有大量腐蚀性气体、液体和固体的混合物, 介质压力约10 kPa, 这些物质对补偿器的腐蚀和磨损都很大^[4]。

2007年在台山电厂2台600 MW机组的脱硫设备中使用SYF非金属补偿器, 代替从美国进口的整体复合型Viton B非金属补偿器。使用至今, 产品的强度高, 密封性能和耐腐蚀性能好, 完全能满足使用要求。2008年在定州电厂600 MW机组脱硫设备的GGH中使用2套SYF非金属补偿器, 迄今性能良好。2009年在华能丹东电厂2台350 MW机组的脱硫设备中使用SYF非金属补偿器, 产品性能满足使用要求, 预测使用寿命可达到8~10年。

5 结语

本工作采用三元氟橡胶胶料和无碱膨体纱玻璃纤维织物, 以特制双U形压型模具、压角模具和接头模具制成大型/特大型整体复合型SYF非金属补偿器。产品性能达到或者超过FSA-DSJ-402-09指标。实际使用时产品密封性能、耐腐蚀性能好, 补偿量大, 完全能满足用户要求, 是极有发展前途的脱硫设备和锅炉烟风系统用金属补偿器。

参考文献:

- [1] FSA-DSJ-402-09. Fluoroel Astomer Belt Recommendation[S].
- [2] 植村益次. 纤维增强塑料设计手册[M]. 北京玻璃钢研究所, 译. 北京: 中国建筑工业出版社, 1986: 10-12.
- [3] 杨清芝. 现代橡胶工艺学[M]. 北京: 中国石化出版社, 2009: 584-586.
- [4] 孙克勤, 钟秦. 火电厂烟气脱硫系统设计、建造及运行[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 105-106.

Development of Non-metal Compensator by Ternary Fluoro Rubber

Pei Qun

(Shenyang Red Star Sealing Material Factory, Shenyang 110045, China)

Abstract: In this paper, large and extra-large non-metal compensators were developed for desulfurization equipment and boiler flue system. The compensators were made of ternary fluoro rubber and alkali-free glass fiber fabric by using specially designed double U shape pressing mold, corner mold and connector mold. The testing results showed that the sealing performance and corrosion resistance were excellent, the compensation capacity was large, and the compensator fully met the application requirements and the requirements of standard FSA-DSJ-402-09.

Keywords: non-metal compensator; ternary fluoro rubber; alkali-free glass fiber fabric



信息·资讯

新型充气式橡胶桥梁芯模

河北衡水佳兴工程橡胶有限公司研制开发了充气式橡胶桥梁芯模,已在大广高速、滨德高速、京张高速及天津海河大桥等多处重点公路工程中应用。

我国桥梁混凝土浇注施工过程中大多采用木模、钢模等作为空心梁板模具,不仅耗费大量优质木材和钢材,且费工、费时,成本高,效益低下。佳兴公司在广泛市场调研的基础上,成功研制开发了可重复利用的充气式橡胶桥梁芯模。新产品物理性能好,成本低35%,工效提高,其大跨度、严密封、高承压的制作技术处于国内领先水平。

充气式橡胶桥梁芯模是以合成橡胶为主要原材料,采用高强力合成纤维织物作为芯模模体的抗压受力骨架等工艺技术制作的抗压橡胶囊模。为满足大型桥梁混凝土浇注的技术要

求,佳兴公司优化产品设计,提高孔径尺寸、梁板角度、内孔平面及表面光洁度的精度,改进施工标准,既保证了产品的物理性能,又达到了反复利用的目的,按照施工标准规范操作的产品可重复使用80次以上,大大降低了施工成本。与传统木模、钢模浇注工艺相比,使用充气式橡胶桥梁芯模的工艺成本可降低35%,工效提高50%以上。此外,通过研发成型新工艺,开发出圆柱形、椭圆形、六角形、梯形、八角形、异形变径等多种形状,可以满足不同大型桥梁混凝土浇注施工的需要。

目前,公司已投资3000多万元建成4条桥梁芯模生产线,年产能达20万m²,形成了多形状、多规格的产品系列,可满足我国公路桥梁建设的需要。

钱伯章