

氟橡胶在烟道管伸缩接头中的应用*

R. J. Arbart 等著 谢其昌译 薛广智校

本文讨论了发电厂用氟橡胶烟道管伸缩接头及其材料选择、接头的型式和设计,并将氟橡胶接头和金属接头作了对比;描述了采用暴露于腐蚀性烟道气中的方法来评价胶料之选用的实验测试室;讨论了各种氟橡胶、酸接受体、硫化剂类型对胶料配方性能的影响,以及静态应变、样品厚度和用以降低材料成本之措施对胶料应用性能的影响;同时还评述了试验室中模拟环境对金属腐蚀的影响。

1. 引言

1970年,美国联邦空气净化法要求各州实行一个计划,以降低发电厂燃料煤所产生的 SO_2 量。为响应新的要求,环保机构(EPA)制定了新的能源施行标准,规定了可允许的排放量。安装烟道气脱硫(FGD)装置,可净化废气;在从发电厂的锅炉到烟囱的整个管道系统中都使用烟道管伸缩接头,可消除金属管道构件热胀冷缩所致的应力。

虽然FGD净化器对降低 SO_2 的排放量是有效的,但是会造成发电厂内严重腐蚀的问题。因为煤在燃烧时其所含硫会转变成 SO_2 ,而少量的 SO_2 被氧化成 SO_3 , SO_3 又会迅速和水蒸气反应形成硫酸。只要烟道气中的硫酸保持在酸性露点(ADP)温度以上,则硫酸仍处于气

相,因而相对无害;但在ADP温度以下,则硫酸冷凝而具强烈的腐蚀性⁽¹⁾。

通常火力发电厂燃烧的煤含硫量为2~3%,且硫酸露点温度为120~150℃。排出的烟道气经潮湿的碳酸钙净化器,被冷却至50~70℃,这一温度远远低于ADP温度,因此靠净化不能全部排除烟道气中的酸性物。硫酸会引起金属管道和波纹管式金属烟道伸缩接头的严重腐蚀。在安装FGD装置时,若烟道气温度保持在ADP温度以上,则腐蚀问题就不那么严重。金属伸缩接头除了对腐蚀敏感以外,还有个弯曲疲劳的问题。

伸缩接头必须适应包括轴向压缩和伸长、侧向位移、弯曲和旋转的动作,而金属接头仅能允许轴向压缩和伸长。为对付复杂的位移,通常需要具备有机械肘节的、昂贵的复式金属接头。使用非金属弹性体烟道管伸缩接头,成功地解决了这些复杂性和腐蚀问题。弹性体伸缩接头除了具有防腐蚀、耐曲挠的优点外,还有重量轻、易操作的好处。只要对管道系统稍加负荷,便可调整某些安装误差⁽²⁾⁽³⁾。

对弹性体烟道管伸缩接头的主要要求是具有足够的耐酸耐热性。按汽车工程师学会的SAE J200(ASTM D 2000)橡胶制品分类法规定,氟橡胶(FKM)具有极好的耐热、耐油性(图1)。根据SAE J200中氟橡胶的耐油性,可以设想:它一定会有极好的耐化学性,包括耐酸性。耐热性是很重要的,因为伸缩接头必须耐225℃

* 发表于1986年10月7日~10日召开的第130次美国化学学会橡胶分会会议上(论文已摘要)

的高温。在204℃时,大多数氟橡胶仍经久耐用;在315℃时,氟橡胶的使用寿命至少为2~3天。

对弹性体烟道管伸缩接头的其它要求是耐磨、耐曲挠、耐撕裂和耐渗透性。氟橡胶有良好的耐磨性和合适的曲挠性,足敷应用。所有的FKM弹性体烟道管伸缩接头都是经过加强的。耐渗透性直接与耐酸性有关,因为酸对橡胶的腐蚀仅在渗透时才能发生。

氟橡胶主要有三类,分别由二元聚合物、三元聚合物和四元聚合物组成。二元聚合物由偏氟乙烯(VF₂)和六氟丙烯(HFP)组成;三元聚合物中加有第三单体四氟乙烯(TFE);四元聚合物则再加第四种具有硫化位置(CS)的单体。杜邦公司生产的商品名为Viton的氟橡胶,其氟含量分别为:二元聚合物FKM-E-60,66%;三元聚合物FKM-B,68.5%;四元聚合物FKM-GF,69.5%。随氟含量的增加和氢含量的减少,氟橡胶的耐化学性和耐热性有所改善。

本文的目的是描述用于评价伸缩接头胶料选择的实验测试室所进行的工作。实验是将含

不同氟含量、酸接受体及硫化剂的胶料暴露于腐蚀性烟道气混合物中进行的,腐蚀性烟道气象征着发电厂燃烧高硫煤时的产物。

2. 实验

2.1 配合剂、混炼、模压和测试

对许多配合剂进行了研究。采用氟橡胶常规混炼工艺,在两辊开炼机上和在B-本伯里密炼机中混炼胶料。

以15' × 177℃的硫化条件,在平板硫化机上制取1.9mm厚的试片。有些样品在空气循环式烘箱中经24h × 232℃的二次硫化。试样由厚度相同(1mm左右厚)的氟橡胶FKM-GF和非氟橡胶层压而成,层压是在30' × 160℃的条件下通过使用平板硫化机来完成的。

按ASTM方法进行测试,拉伸强度、伸长率和100%定伸应力均按ASTM D 412测定,邵氏硬度则按ASTM D 2240测定。

2.2 合成烟道气测试装置

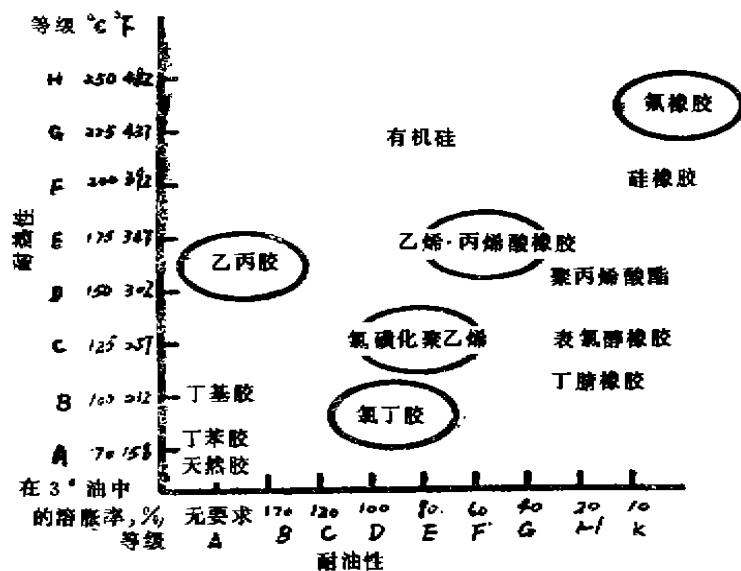


图1 弹性体的耐热性和耐油性

合成烟道气 (SFG) 测试装置是一个带有能支持 48 个样品的测试室的闭合回路重复循环装置, 它是由 让那公司 研制开发的。每个样品的一侧暴露于不含颗粒子的腐蚀性热气体中, 测试用烟道气组成与发电厂中 20% 过氧空气燃烧含硫量为 5.5% 的煤时所排放的一样, 在全部测试过程中烟道气组成不变。

样品的暴露可通过将样品夹持在测试室两侧和顶部的窗口来达到; 合成烟道气可借助了一个鼓风机在整个装置中进行循环; 温度控制则由程序加热控制器把温度范围调节在室温到 315℃ 之间, 控制器可按时间表在两个温度间周期性地工作; 连续加入新鲜气体和酸性物并不断地清除气流。为减小腐蚀, 管道件和样品测试室的材质选用 825 耐热镍铬铁合金。

样品室中的气流速度平均值接近 165m/min 的设计值, 在所有 48 个位置处的压力通常均稍微偏正, 48 个样品位置的暴露效果都很相当。温度、气体和酸性物质流的监控与间歇性地严格按时间表对氧和二氧化碳作常规烟气分析, 同时进行。除了这些常规分析外, 还对烟道气 (包括 SO_2 和 SO_3) 进行全分析, 试验结果相当一致, 而且相当接近目标成份。

这里提出了四个实验温度条件:

实验	条 件
A	酸性物露点温度, 实验时间为 6 个月 (气体温度变化为 143~168℃)
B	交变气体温度, 温度变化为 121~260℃, 实验时间 8 周
C	交变气体温度, 温度变化为 71~198℃, 实验时间为 1 年
D	气体温度偏移在 315℃, 实验时间为 48h

在将所有试片放置在 SFG 装置中前, 应先测其尺寸, 到规定暴露时间后, 取出试片并裁切成供测定用的哑铃试片。对暴露前后试片厚

度进行定性观察, 发现由腐蚀所致的样品厚度变化不大。

2.3 静态应变

供让那公司疲劳破坏试验机用的哑铃试片可直接先经模压再经烘箱二次硫化, 将这些厚约 1.4mm 的试样固定在夹具上, 并使其伸长 20%, 然后将夹具及试样一起置入 SFG 样品室中进行实验 B。

3. 结果和讨论

氟橡胶烟道管伸缩接头有高弹体型或带状接头和复合式或绝缘式接头两种类型。高弹体型接头由复以氟橡胶的 1、2 或 3 层加强材料组成, 接头总厚度约为 3~6mm, 典型的加强材料有玻璃纤维、金属丝网或芳香聚酰胺类织物。高弹体接头直接暴露于烟道气中, 连续暴露的最高气体温度不超过 225℃。

复合式接头是一种夹层式结构, 其内层通常为玻璃纤维, 再加上一层或几层绝缘层, 经加强的氟橡胶外层作为气密层。由于内层常受飞灰直接冲击的腐蚀, 所以常用金属缓冲件保护接头。复合式接头可承受的气体温度达 850℃, 更详细的设计资料可查阅流体密封协会非金属伸缩接头分会发表的技术手册⁽⁴⁾。W. O' Keefe⁽⁵⁾最近发表的文章, 从发电厂工程师的角度出发, 特别注意实际工程方面的伸缩接头。

通常先将氟橡胶压延在加强层上, 再由平带硫化机、蒸气热压罐或鼓式连续硫化机进行硫化, 制成伸缩接头。连续带必须连接, 并绕在金属法兰上, 接头可以是平带状, 也可以是整体法兰状, 接头常有弓架结构或波纹管型, 以让更好地运动⁽⁴⁾。弯管通常是模压的整体件, 然后与直边部份联接。氟橡胶烟道管伸缩接头的使用寿命通常可达数年之久。

为确定烟道管伸缩接头用氟橡胶胶料的预期

表1 试验配方

配 方	A	B	C	D	E
FKM-E-60	94.4	—	—	—	—
FKM-B	—	93.2	93.2	—	100
FKM-GF	—	—	—	100	—
炭黑N308	30	30	30	30	30
MgO-HA	3	3	—	—	—
Ca(OH) ₂	6	3	—	—	—
升华的PbO	—	—	15	3	15
FKM 硫化剂 #20	1.65	3	3	—	—
FKM 硫化剂 #30	4	3.8	3.8	—	—
三烯丙基异氰尿酸酯 (TAIC)	—	—	—	2.5	—
有机过氧化物101	—	—	—	3	—
FKM 硫化剂 #3	—	—	—	—	3

表2 FKM 胶料^a在酸性露点温度条件下于SEG装置中暴露2和4个月后的物性

配 方	A	B	C	D	E
FKM	E-60	B	B	GF	B
金属氧化物	MgO	MgO	PbO	PbO	PbO
硫化剂	双酚	双酚	双酚	过氧 化物	二元胺
物理性能:					
未暴露的原始样品					
100%定伸应力, MPa	4.4	4.8	3.5	6.1	3.4
拉伸强度, MPa	10.1	10.2	8.6	15.4	11.6
伸长率, %	255	265	310	230	390
邵氏硬度, A	78	80	77	75	75
暴露2个月后					
100%定伸应力, MPa	3.7	5.0	2.8	5.4	1.1
拉伸强度, MPa	7.3	10.4	6.1	11.7	2.8
伸长率, %	200	250	290	205	340
邵氏硬度, A	73	65	70	77	53