

## 供暖系统中阻氧管材的透氧性能分析

济南兰光机电技术有限公司

摘要: 目前, 阻氧管材的使用量越来越大, 随之提升的还有对其阻氧性能的要求。鉴于目前国内尚无针对采暖系统管材氧气透过率测试方法的标准, 本文采用了等压法的透氧测试方法, 分析了温度和湿度的影响, 对相关生产企业和施工企业具有一定的指导意义。

关键词: 阻氧管材、氧气透过率、温度、湿度、EVOH

### Analysis on Oxygen Permeability of the Anti-oxidative Tubing for Heating System

Labthink International, Inc.

Abstract: Anti-oxidative tubing has been widely recently, which should meet very specific requirements for the oxygen permeability. However there is no uniform standard for the testing method of the oxygen transmission rate of the tubing used in heating system in China by now. This article aims to analyze the influence of temperature and humidity through oxygen permeability tests with equal pressure method, which may provide certain reference for relative manufacturers or users.

Keywords: Anti-oxidative Tubing; Oxygen Transmission Rate; Temperature; Humidity; EVOH

现代建筑中, 地面辐射供暖系统因符合热空气自下而上运动轨迹, 故而实感温度高、室内温度梯度小, 同时节省室内空间, 使之成为如今非常普遍的采暖方式。随着此种供暖形势的推广, 塑料管材的需求也日益突出。大量的 PB、PP-R、PE-X、PERT 等塑料管材作为末端采暖部分应用于地面辐射供暖系统中, 虽然具有质轻、导热系数低、安装便捷, 但一直存在着一个严重的质量隐患——渗氧, 严重威胁供暖系统的正常运转及寿命。

#### 一、“渗氧”分析

无论何种塑料, 或多或少都具有气体渗透性。对于地面辐射供暖系统来说, 外界氧气在

空气中的分压力的作用下,透过地面、混凝土材料和管材进入系统的循环水中,即为“渗氧”。除此之外,排气阀、连接法兰或循环水泵安装不合理或运转不正常导致部分管路出现负压,也会发生氧气渗入。

这种“渗氧”行为会对供暖系统中的金属配件,如金属管道、锅炉、黄铜材质的分/集水器、以及管路连接件产生破坏性极大的氧化腐蚀,通常表现为溃疡或小孔形的腐蚀面,上附有黄褐色、砖红色的腐蚀物,严重缩短管材和金属零件的使用寿命<sup>[1]</sup>。于此同时,氧气的存在极易滋生出像藻类的微生物和细菌,与金属氧化腐蚀物颗粒共同构成生物淤泥,随水而流,沉淀在流速较低的弯角部位,日积月累逐渐影响系统正常的水循环,致使室内温度达不到采暖要求。

## 二、阻氧管材对于“渗氧”的控制效果

针对“渗氧”问题,一些发达国家和地区强制要求使用热水的供暖系统采用带阻氧性的塑料管材。当前,对现有塑料管材增加阻氧性主要有两种方式:一是像铝塑复合管、塑铝稳态管等通过包覆金属层实现阻氧;二是,在塑料管材基础上复合一层高分子阻隔材料——一般为 EVOH,制成阻氧管材<sup>[2]</sup>。由于第一种工艺复杂,成本高,相比之下第二种更为受到业界企业的欢迎。

EVOH,是乙烯-乙烯醇共聚物,是一种高结晶度聚合物,不利于小分子的穿透。独特的链段结构中,其分子中的羟基和分子间的氢键彼此强烈的键合,强大的内聚力使得分子链的堆积程度高,限制了氧气的扩散。同时,羟基表现为极性,而氧气为非极性,据相似相溶的原理,氧气也不易渗透其中<sup>[3]</sup>。EVOH 的阻隔性取决于两种共聚单体的摩尔分数,当乙烯含量超过 50%时,材料的氧气阻隔性会大幅下降,通常,乙烯与乙烯醇的摩尔分数比例在 2:8 到 4:6 之间。基于此,EVOH 被业界认定为一种优良的氧阻隔材料,逐步应用于供暖系统的管材中。

## 三、阻氧管材的氧气透过率

随着以 EVOH 为阻隔层的阻氧管材的大范围应用,欧美国家相继出台了阻氧管材的氧气透过率的要求加以规范。当前,世界范围内认可度最高的是德国 DIN4726 标准,规定热水管 40℃以下,阻氧管材的氧气透过率不超过 0.1g/(m<sup>3</sup>·24h)。国内,2002 年发布的 CJ/T 175 《冷热水用耐热聚乙烯 (PE-RT) 管道系统》对该类管材的透氧性做了同样的要求。然而,国内目前对于阻氧管材的氧气透过率尚没有统一的检测方法和评判依据,从而在一定程

度上制约了该类管材的推广。下面,笔者在长期对包装物透氧性测试经验基础之上,提出了一种测试阻氧管透氧率的方法,还通过试验数据对透氧率的影响因素进行了深入分析。

测试仪器:OX2/230 氧气透过率测试系统

测试样品:同规格的 PE-RT 管、阻氧 PE-RT 管(具有 EVOH 阻氧层的 PE-RT 管),管材一端均为密封状态。

测试过程:利用样品将仪器的渗透腔隔成两个独立的气流系统,样品内侧被氮气流缓慢净化,样品外侧暴露在氧浓度已知的环境中,如图 1。样品两侧气体压力相等但氧气分压不同,因此在氧气浓度梯度的作用下,氧气分子透过样品壁进入氮气流中,随之被其携带至库伦传感器处,库伦传感器探测到氧气会输出电流,电流的大小与单位时间内流入传感器的氧气总量成正比。

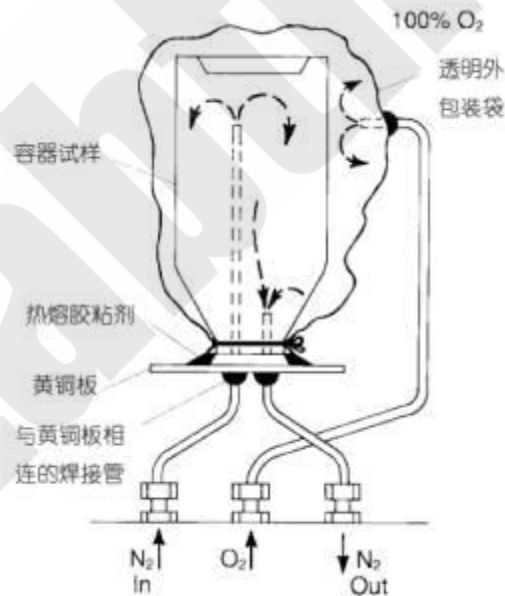


图 1. 氧气透过率测试示意图

据此原理,笔者分别对 PE-RT 管和阻氧 PE-RT 管的氧气透过率进行了检测,同时,记录了不同温度和湿度条件下阻氧 PE-RT 管的氧气透过率数据,以便分析。测试结果见表 1 和表 2。

表 1 PE-RT 管和阻氧 PE-RT 管的氧气透过率测试结果

测试样品	氧气透过率测试 $\text{cm}^3/(\text{pkg}\cdot\text{d})$
PE-RT 管	6.9875
阻氧 PE-RT 管	0.0877

表 2. 不同温湿度下阻氧 PE-RT 管的氧气透过率测试结果

测试温度 $^{\circ}\text{C}$ (39%RH)	氧气透过率测试 $\text{cm}^3/(\text{pkg}\cdot\text{d})$	测试湿度 %RH(23 $^{\circ}\text{C}$ )	氧气透过率测试 $\text{cm}^3/(\text{pkg}\cdot\text{d})$
23	0.0877	39	0.0877
30	0.1057	45	0.2587
35	0.2984	50	0.6982
40	0.3461	55	1.2108
45	0.4875	60	2.0912

通过表 1 的数据, 显而易见 PE-RT 管的氧气透过率是阻氧 PE-RT 管的 79 倍之多, 可见即使使用一层 EVOH 的材料, 整体管材就可以获得很高的阻氧效果。表 2 体现了不同测试温度和湿度条件下阻氧 PE-RT 的氧气透过率, 当温度自 23 $^{\circ}\text{C}$  升至 45 $^{\circ}\text{C}$  时, 管材的氧气透过率上升了 456%, 而当测试湿度从 39%RH 提高到 60%RH, 阻氧管材的氧气透过率更是增大了数千倍。由此可以看出, EVOH 的氧气透过率受温度和湿度的影响非常大。究其原因, 主要是由 EVOH 自身结构和特性决定的。

上面提到, EVOH 因其分子中的羟基和分子间的氢键彼此强烈键合, 在分子链间形成巨大的内聚力, 阻碍氧气分子的扩散。当温度升高时, 一方面平行分子链形成的通道变宽,

另一方面热运动使得分子链构象变化越快,相邻分子链间的距离加大,内聚度下降,加快了氧气分子的渗透速度。因此,当温度较高时,EVOH的氧气阻隔性就会有所降低。

而为什么湿度变化引起 EVOH 氧气透过率的大幅提高,主要在于两个原因:1、EVOH 含有羟基—OH,对水敏感,若环境湿度升高,环境中的水分会向 EVOH 中扩散,会使材料中的自由体积增加,为气体分子提供更多的扩散缝隙,增大了气体透过率。2、当 EVOH 处于高湿环境时会变为高弹态,此时的 EVOH 分子链段结合松散,有利于气体分子的扩散。

根据 EVOH 阻氧性受温度和湿度的影响分析,在阻氧管的生产工艺中,通常采用多层结构的形式减少温湿度对 EVOH 的影响。主要有三层和五层结构,如图 2。第一种为 3 层结构,EVOH 层位于内层,直接面对高湿环境并受到热水的反复浸泡,致使阻隔性急剧下降。第二种同为 3 层结构,但 EVOH 层位于外侧,通过 PE-RT 材质层有效隔离管道内水蒸气和热度渗透到 EVOH 层影响其阻氧性,同样因为外层的缘故,EVOH 极易被外物划伤,因此在应用中需多加防护。第三组采用的是五层结构,综合了前两种的优势,既避免施工过程中对阻隔层的损伤,又能充分保障 EVOH 的阻隔性能。

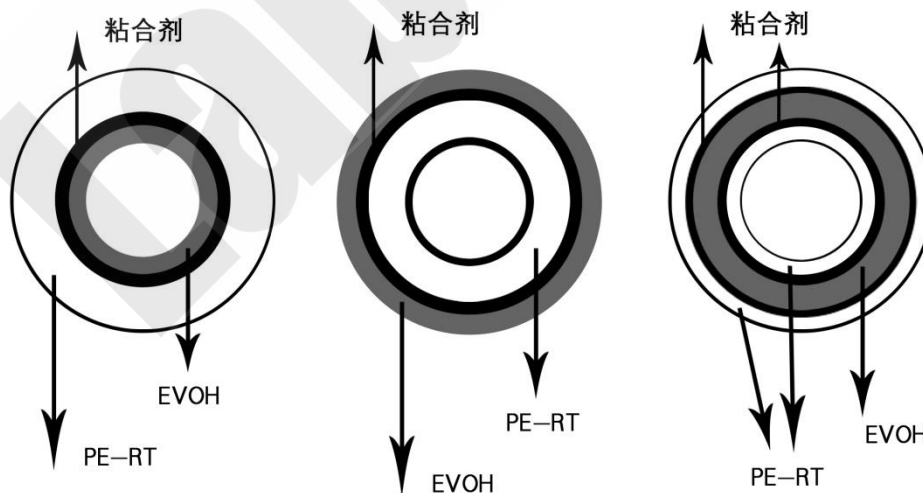


图 2.EVOH 阻氧管结构

#### 四、总结

济南兰光机电技术有限公司

中国济南无影山路 144 号 (250031)

总机: (86) 0531 85068566

传真: (86) 0531 85062108

E-mail: [marketing@labthink.com](mailto:marketing@labthink.com)

网址: <http://www.labthink.com>

随着我国地暖工程的不断加大和对采暖系统的安全性和长久性的需求提高,阻氧管材的使用量越来越大,随之提升的还有其阻氧性能。鉴于目前国内尚无针对采暖系统管材氧气透过率测试方法的标准,本文通过基于等压法的透氧测试方法,分析了温度和湿度的影响,对于相关生产企业和施工企业具有一定的指导意义。

## 参考文献

- [1] 宋振坤,李继来.地面辐射供暖系统氧气渗透的影响及控制措施[J].暖通空调,2010,40(7):95-97.
- [2] 武志军.冷热水用塑料管材透氧率的测试方法[J].塑料,2009,38(4):113-115.
- [3] 郭静旋.EVOH树脂的性能分析[J].包装学报,2010,2(4):71-73.