

文章编号 :1009-671X(2001)10-0044-03

# 用聚苯硫醚做石英陶瓷天线罩涂料的试验研究

窦志诚<sup>1</sup> 赵春晖<sup>2</sup> 孙 勇<sup>1</sup>

(1. 哈尔滨工程大学 建筑工程学院 黑龙江 哈尔滨 150001 2. 哈尔滨工程大学 电子工程系 黑龙江 哈尔滨 150001)

**摘要** 就聚苯硫醚做石陶瓷天线罩涂料进行了试验研究。该研究将聚苯硫醚制成两种不同组成的悬浮液涂料, 分别对喷涂法施工工艺、涂层的成膜性、耐高温性、透微波性、密封性(水密性)及抗弯曲增强性等主要性能进行了试验。<sup>①</sup>

**关键词** 石英陶瓷天线罩 聚苯硫醚 悬浮液涂料

中图分类号 :TQ326.5 文献标识码 :A

## Investigation into the Experiment on Quartz Ceramic Antenna Covering Paint Using PPS

DOU Zhi-cheng<sup>1</sup>, ZHAO Chun-hui<sup>2</sup>, SUN Yong<sup>1</sup>

(1. College of Civil Eng., Harbin Engineering University, Harbin 150001, China 2. Dept. of Electronic Eng., Harbin Engineering University, Harbin 150001, China)

**Abstract** The experiment on the quartz ceramic antenna covering paint using PPS was discussed in this paper. In this experiment PPS was made into two different kinds of constitutions of suspended fluid paints, the construction technology of paint spraying, the durability of the coat, the thermal endurance, the penetrability of microwave, the waterproofing and the quality of anti-bending strengthening, were tested separately.

**Key words** quartz pottery antenna covering; PPS; suspended fluid paints

## 0 引言

石英陶瓷由石英玻璃粉经成型烧结而成。它耐高温、耐侵蚀、抗热冲击、透微波, 是导弹天线罩的优选材料<sup>[1]</sup>。通常石英陶瓷坯体内含有一定的气孔率, 疏松多孔的陶坯表面粗糙, 即使坯体烧结, 孔隙接近于零, 由于它的玻璃相中包含有晶体, 所以坯体表面仍然粗糙无光, 易沾污和吸湿, 影响美观、机械和电学性能<sup>[2]</sup>。

石英陶瓷天线罩表面涂复涂料的目的在于改善坯体的表面性能, 使其表面平滑、不吸湿、不透气并且提高物理机构性能和电学性能。根据石英陶瓷天线罩的使用要求, 对涂复的涂料提出以下技术指标要求。

1) 涂复于石英陶瓷内外表面, 具有良好的施工工艺性能。

2) 在一定频率范围内具有透微波性, 介电常数不大于 5。

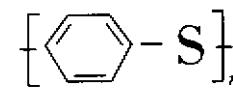
3) 工作温度范围 -20 ℃ ~ 600 ℃, 其中 300 ℃ ~ 600 ℃ 的持续时间为 60 s。

4) 具有密封性(耐水性和水密性)。

5) 涂复于石英陶瓷表面能使其强度增强 10% 左右。

根据石英陶瓷天线罩对其涂料的技术性能要求, 对用聚苯硫醚做石英陶瓷天线罩涂料进行了研究试验。

1 聚苯硫醚 (polyphenylenesulfide, PPS)  
结构式



① 收稿日期: 2001-07-10

作者简介: 窦志诚(1943-), 男, 河北青县人, 哈尔滨工程大学建筑工程学院高级实验师, 主要研究方向: 航空非金属材料。

### 1.1 物化性质

聚苯硫醚为白色粉末, 比重为 1.362, 具有突出的热稳定性, 在空气中于 300~345 ℃ 进行交联固化。交联后有效工作温度在 295 ℃ 以上。在 175 ℃ 以下不溶于所有溶剂, 耐酸碱性良好。它具有良好的自熄性、尺寸稳定性和抗蠕变性, 其冷流性为 0, 吸水率为 0.008%。对玻璃、陶瓷、钢材、铝、银基基础材料都有很好的粘结力, 并有较高的机械强度<sup>[3]</sup>。介电常数( IMC )3.8, 介电损耗( IMC ) $10^{-4}$ <sup>[4]</sup>。

### 1.2 涂料成型施工

聚苯硫醚为粉末状材料。因为它在 175 ℃ 以下不溶于所有溶剂, 作为涂料使用时, 可采用粉末喷涂法或将其配制成悬浮液采用悬浮液喷涂法进行成型施工<sup>[5]</sup>。

## 2 神经网络的构造与训练过程

### 2.1 聚苯硫醚涂料成型施工

超音速导弹天线罩的壁结构形式为无机天线罩材料最常用的单层半波壁结构, 其结构示意图如图 1 所示。

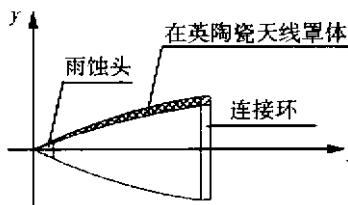


图 1 超音速导弹天线罩结构示意图

根据石英陶瓷天线罩的结构形式, 将聚苯硫醚配制成悬浮液采用悬浮液喷涂法进行成型施工比采用粉末喷涂法更为适宜。

### 2.2 聚苯硫醚悬浮液涂料

针对石英陶瓷天线罩采用的涂料成型施工方法, 分别配制了 2 种不同组成的聚苯硫醚悬浮液涂料进行了试验研究。

1) 聚苯硫醚为原料加各种助剂并以水为介质配制成的悬浮液涂料, 简称“PPSA”。

2) 聚苯硫醚为原料加各种助剂并添加耐高温填料以水为介质配制成的悬浮液涂料, 简称“PPSB”。

### 2.3 试验研究内容

对“PPSA”, “PPSB”2 种聚苯硫醚悬浮液涂料分别进行了喷涂成型施工工艺性、成膜性试验及涂层透微波、耐高温、耐水(水密性)增强等主要性能试验。

#### 1) 喷涂成型施工工艺性试验

试件采用普通陶瓷材料, 试件尺寸为( 200 × 200 ) mm 和石英陶瓷材料, 试件尺寸为( 200 × 300 ) mm 2 种。试验情况见表 1。

表 1 “PPSA”, “PPSB”涂料喷涂成型施工工艺性试验

涂层厚度 μm	PPSA	PPSB
<60	涂料喷涂后 表面平整	涂料喷涂后 表面平整
80~100	涂料喷涂后 表面平整	涂料喷涂后 表面平整
>150	涂料喷涂后 表面出现流挂	涂料喷涂后 表面易出现流挂

注 喷枪 PQ-2 型

空气压力 2~3 kg/cm<sup>2</sup>

#### 2) 涂料成膜性试验

将涂料喷涂成型施工后的试件放入恒温鼓风电热干燥箱中进行交联固化, 然后将试件取出浸入室温水中骤冷处理, 检查涂料成膜性。试验情况见表 2。

表 2 “PPSA”, “PPSB”涂料成膜性试验

涂层厚度 μm	PPSA	PPSB
<60	涂层平整光滑 (半光) 坚韧与 试件结合好	涂层平整光滑 (半光) 坚韧与 试件结合好
80~100	涂层平整光滑 (半光) 坚韧与 试件结合好	涂层平整光滑 (半光) 坚韧与 试件结合好
>150	涂层局部出现小 气泡突起(平 光) 坚韧与试 件结合较好	涂层较平整(平 光) 坚韧与试 件结合较好

注 交联固化温度( 300 ± 10 ) ℃

固化时间 10~20 min

#### 3) 涂层透微波性试验

采用微波信号源、检波器及测量放大器装置对交联固化后的涂层薄膜进行了透微波试验。试验情况见表 3。

表 3 “PPSA”, “PPSB”涂层透微波性试验

频 率 /GHz	PPSA		PPSB			
	输出功率 /μV 空载	透 波 率 /% 加载	输出功率 /μV 空载	透 波 率 /% 加载		
7.5	73.0	68.1	93.3	73.0	67.0	91.8
7.6	50.4	45.7	89.3	50.4	43.0	85.3
7.7	63.0	54.8	85.7	63.0	51.0	80.9
7.8	50.6	43.3	85.6	50.6	51.0	81.0
7.9	60.8	56.8	93.4	60.8	55.0	90.4
8.0	57.4	51.2	89.2	57.4	47.0	81.6

注 涂层厚度(涂二道)

PPSA 220 μm, PPSB 270 μm

#### 4) 涂层耐高温试验

用马弗炉对喷涂在普通陶瓷试件和石英陶瓷试件上的涂层进行了耐高温试验。试验情况见表 4。

表 4 “PPSA”, PPSB 涂层耐高温试验

耐热时间 /s	PPSA		PPSB	
	500℃	600℃	600℃	700℃
60	涂层无变化	涂层严重失光	涂层无变化	涂层明显失光 涂层变色
120	涂层轻度失光	涂层变为深褐色, 表面出现小泡	涂层无变化	
180			涂层轻度失光	
300			涂层明显失光	

#### 注 涂层厚度

PPSA(涂一道)80~100 μm;

PPSA(涂二道)220 μm;

PPSB(涂一道)80~100 μm;

PPSB(涂二道)270 μm

#### 5) 涂层耐水(水密性)试验

将涂层薄膜浸入室温水中, 经过一定的时间, 检查涂层的变化情况及将水滴在涂层薄膜表面, 经过一定时间检查水渗漏的情况。试验情况见表 5。

表 5 “PPSA”, PPSB 涂层耐水(水密性)试验

试验时间 /d	PPSA		PPSB	
	耐水性	水密性	耐水性	水密性
3	涂层无变化	水不渗漏	涂层无变化	水不渗漏
7	涂层无变化	水不渗漏	涂层无变化	水不渗漏
10	涂层无变化		涂层无变化	
30	涂层无变化		涂层无变化	

#### 注 涂层薄膜厚度

PPSA(涂一道)80~100 μm;

PPSA(涂二道)220 μm;

PPSB(涂一道)80~100 μm;

PPSB(涂二道)270 μm

#### 6) 涂层增强试验

采用英斯特朗(INSTRON)材料试验机分别对涂复涂层的普通陶瓷试件与没有涂复涂层的普通陶瓷试件进行了抗弯强度对比性试验, 测定涂层的增强效果。试验情况见表 6。

表 6 “PPSA”, PPSB 涂层增强试验

试验目的	PPSA		PPSB	
	空白试件	涂复试件	空白试件	涂复试件
屈服	0.808	0.982	1.074	186.458
载荷	0.836	0.840	1.260	218.750
/KN	0.887	1.099	1.303	226.215
平均值	0.843	0.974	1.212	210.474
增强率/%		15.54		21.86
屈服	13.292	16.171	1.594	276.736
应力	13.756	13.819	1.473	255.729
/MPa	14.594	18.091	1.364	236.806
平均值	13.881	16.027	1.477	256.424
增强率/%		15.46		21.83

#### 注 涂层厚度

PPSA(涂二道)220 μm;

PPSB(涂二道)270 μm;

试件尺寸(150×80×7)mm

### 3 试验结论

1) 以聚苯硫醚为原料加各种助剂添加耐高温填料以水为介质配制而成的聚苯硫醚悬浮液涂料用做石英陶瓷天线罩内外表面涂层, 其技术性能能够满足使用要求。

2) 该悬浮液涂料用喷涂法成型施工工艺是可行的, 但喷涂厚度每层≤100 μm 能够获得较好的涂料成型施工工艺性及成膜性。

3) 该悬浮液涂料用做石英陶瓷天线罩内外表面涂料, 以喷涂二层为宜, 且每层都必须在交联固化后经过室温水骤冷处理, 才能获得较好的透微波性、耐高温性、耐水(水密性)及增强等主要性能。

4) 该悬浮液涂料以水为介质, 使用安全。

### 参 考 文 献

- [1] 陈祖能, 何胜男. 石英陶瓷的表面涂层增强[J]. 玻璃与搪瓷, 1997, 25(3): 40~43.
- [2] 王福川. 现代建筑装修材料及其施工[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998.
- [3] 中国化工商品大全编委会. 中国化工商品大会[M]. 北京: 中国物资出版社, 1989.
- [4] 化学工业部合成树脂及塑料工业科技情报中心站. 化工产品手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 1987.
- [5] 张漠杰. 超音速导弹天线罩及其设计[J]. 制导与引信, 2000, 21(1): 1~6.

## 如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深，让许多工程师望而却步，然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上，我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识，借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))专注于微波射频和天线设计人才的培养，推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程，化繁为简，直观易学，可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛，让天线设计不再难…

---



### HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

---

### CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程，由经验丰富的专家授课，旨在帮助您从零开始，全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程，边操作边讲解，直观易学；购买套装同时赠送 3 个月在线答疑，帮您解答学习中遇到的问题，让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>

---



### 13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



## 关于易迪拓培训:

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，一直致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；后于 2006 年整合合并微波 EDA 网([www.mweda.com](http://www.mweda.com))，现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地，成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 **ADS**、**HFSS** 等专业软件使用培训课程，广受客户好评；并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书，帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

## 我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年，10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养，更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果，又能免除您舟车劳顿的辛苦，学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲，结合实际工程案例，直观、实用、易学

## 联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>