

说明书

一种绿色环保高效阻氡材料及其制备方法

5 技术领域

本发明属于环保材料技术领域，具体地说，涉及一种绿色环保高效阻氡材料及其制备方法。

背景技术

- 10 地下工程由于其安全性和隐蔽性要求，一般修建在具有稳定结构的岩层中，由于这些岩层在早期形成过程中含有部分放射性核素铀及部分钍系核素，这些核素在长期的衰变过程中将释放大量的氡（Rn）。氡无色、无臭、无味，具有放射性。氡是天然辐射剂量的主要来源，约占 50%以上，氡容易吸入人体，氡容易沉积在呼吸道和肺部，放射大量的射线（ α 、 β 、 γ ），形
- 15 成内辐照损伤，长期作用将使细胞发生癌变，导致肺癌。动物实验研究表明，氡的生物学效应主要集中在呼吸道肿瘤、肺纤维化、肺气肿和寿命减少方面。氡是世界卫生组织(WHO)公布的 19 种主要致癌物质之一，是仅次于香烟的引起人类肺癌的第二大元凶。国际癌症研究署(IARC)认为氡及其子体是人类的致癌因子，无阈值。氡气贮存在岩层和土壤中，不断地向外释放和析出，
- 20 不同岩层体系的氡气析出量不同，某些矿场中氡水平可以高达 1,000,000 Bq/m³。地下工程由于其特殊性，处于深地质和稳定的岩层结构，由于通风换气效率低，往往导致其内部具有较高的氡气含量。

- 25 随着建筑行业的快速发展，水泥、石材及其他材料的广泛使用，氡污染给普通家庭带来的危害也越来越严重。因此，防止氡污染势在必行，国内有对氡也有一定的去除效果的聚酰亚胺中空纤维膜对氡的富集和杂质气体去除性能研究（周国庆.聚酰亚胺中空纤维膜对氡的富集和杂质气体去除性能研究[D]，兰州大学，2016）、防氡效率最低为 98.81%的高性能防氡涂料的研制与地下工程应用试验（曲瑞雪.高性能防氡涂料的研制与地下工程应用试验[D]，西南科技大学，2012）、采用防辐射金属网的防氡防辐射板的制

备方法（一种防氡防辐射板的制备方法，申请号：201110310650.2，申请日：2011-10-13，公开号：CN103042585B，公开日 2015-07-22）、一种清除甲醛、Tvoc 及苯氨氡的无机 nm 复合涂料（申请号：201710116181.8，申请日：2017-02-24，公开号：CN106893430A，公开日 2017-06-27）等的公开资料
5 报道；

国外有使用铝水合物为 3-5wt%阻氡材料的复合材料、板材及制成板材的粘合方法及防氡系统及方法等的公开资料报道；但是，国内外未见采用反应釜内原位插层、聚合-复合方法，制备高阻隔、高阻燃聚酰亚胺-无机片层杂化材料及其超细粉体的高效釜内 nm 插层复合技术的公开资料报道。

10 现有技术中防氡措施是通风或者涂料类阻氡材料，而涂料类阻氡材料在潮湿环境下不易凝固，容易因潮湿而粉化，防氡效率低。

发明内容

有鉴于此，本发明针对地下阵地、人防工程、民用建筑中氡浓度超标的问题，提供了一种绿色环保高效阻氡材料及其制备方法。
15

为了解决上述技术问题，本发明公开了一种绿色环保高效阻氡材料，包括质量比为 100:40-100:50 的 A 组份和 B 组份，其中，A 组份包括粉料、二甲基甲酰胺和环氧树脂，其质量比为粉料：二甲基甲酰胺：环氧树脂为 3:3:4；B 组份为改性环氧树脂。

20 可选地，所述的粉料按照质量百分比包括以下组分：聚酰亚胺 60%-65%，三聚磷酸铝 12%-18%，滑石粉 3%-8%，气相二氧化硅 1%-3%，稀土 10%-12%，KH-560 硅烷偶联剂 2%-6%，以上质量百分含量为 100%。

可选地，B 组份为改性环氧树脂。

本发明还公开了一种绿色环保高效阻氡材料的制备方法，包括以下步骤：
25 骤：

步骤 1、制备粉料；

步骤 2、制备 A 组份；

步骤 3、称量质量比为 100:40-100:50 的 A 组份和 B 组份；将称量好的

A 组份和 B 组份进行融合，制备得到绿色环保高效阻氮材料。

可选地，步骤 1 中的制备粉料具体为：

步骤 1.1、称量：按照质量百分比称量以下组分：聚酰亚胺 60%-65%，三聚磷酸铝 12%-18%，滑石粉 3%-8%，气相二氧化硅 1%-3%，稀土 10%-12%，

5 KH-560 硅烷偶联剂 2%-6%，以上质量百分含量为 100%；

步骤 1.2、在高效釜内将称量好的三聚磷酸铝、滑石粉、气相二氧化硅、稀土和 KH-560 硅烷偶联剂进行机械研磨粉碎制成片层结构状态，然后将称量好的聚酰亚胺混合搅拌能够直接插入片层使其剥离，此时片层以 nm 级分散到聚酰亚胺基体中，制备得到粉料。

10 可选地，所述的聚酰亚胺为 nm 级聚酰亚胺。

可选地，所述片层结构状态的厚度为 5nm，宽度为 6nm。

可选地，步骤 2 中的制备 A 组份具体为：按照质量比 3:3:4 称量粉料、二甲基甲酰胺和环氧树脂，将称量好的粉料、二甲基甲酰胺和环氧树脂混合制备得到 A 组份。

15 与现有技术相比，本发明可以获得包括以下技术效果：

本发明采用合成改性聚酰亚胺 AB 双组份材料，组合后形成胶状，凝固后强度高、附着力高，耐湿热、耐盐雾、抗老化、抗辐射、低毒、耐霉菌、阻燃、寿命长，阻氮效率达到 99.5%。

20 当然，实施本发明的任一产品并不一定需要同时达到以上所述的所有技术效果。

附图说明

此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解，构成本发明的一部分，本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明，并不构成对本发明的
25 不当限定。在附图中：

图 1 是本发明阻氮效率测量测试装置示意图；

图 2 是本发明降氮效率测量测试装置示意图。

具体实施方式

以下将配合实施例来详细说明本发明的实施方式,藉此对本发明如何应用技术手段来解决技术问题并达成技术功效的实现过程能充分理解并据以实施。

- 5 本发明公开了一种绿色环保高效阻氦材料,包括质量比为 100:40-100:50 的 A 组份和 B 组份,其中, A 组份包括粉料、二甲基甲酰胺和环氧树脂,其质量比为:粉料:二甲基甲酰胺:环氧树脂为 3:3:4;其中,粉料按照质量百分比包括以下组分:聚酰亚胺 60%-65%,三聚磷酸铝 12%-18%,滑石粉 3%-8%,气相二氧化硅 1%-3%,稀土 10%-12%,KH-560 硅烷偶联剂
10 2%-6%,以上质量百分含量为 100%;B 组份为改性环氧树脂。

本发明还公开了一种绿色环保高效阻氦材料的制备方法,包括以下步骤:

步骤 1、制备粉料:

- 步骤 1.1、称量:按照质量百分比称量以下组分:聚酰亚胺 60%-65%,
15 三聚磷酸铝 12%-18%,滑石粉 3%-8%,气相二氧化硅 1%-3%,稀土 10%-12%,KH-560 硅烷偶联剂 2%-6%,以上质量百分含量为 100%;

- 步骤 1.2、在高效釜内将称量好的三聚磷酸铝,滑石粉,气相二氧化硅,稀土, KH-560 硅烷偶联剂进行机械研磨粉碎达到厚 5nm,宽 6nm 的片层结构状态,然后将 nm 级聚酰亚胺混合搅拌能够直接插入片层使其剥离,此时
20 片层以 nm 级分散到聚酰亚胺基体中,大大增强了有机与无机之间的界面面积,并且形成强的化学键,从而使复合材料综合性能得到很大改善,制备得到粉料;

- 步骤 2、制备 A 组份:按照质量比 3:3:4 称量粉料、二甲基甲酰胺(DMF)和环氧树脂,将称量好的粉料、二甲基甲酰胺(DMF)和环氧树脂混合制
25 备得到 A 组份;

步骤 3、称量质量比为 100:40-100:50 的 A 组份和 B 组份;将称量好的 A 组份和 B 组份进行融合,制备得到绿色环保高效阻氦材料,简称 JBT-21S 型阻氦材料。

本发明的绿色环保高效阻氦材料可直接喷涂到洞壁或墙壁实现阻氦功

能。

实施例 1

一种绿色环保高效阻氮材料的制备方法，包括以下步骤：

步骤 1、制备粉料：

- 5 步骤 1.1、称量：按照质量百分比称量以下组分：聚酰亚胺 63%，三聚磷酸铝 15%，滑石粉 5%，气相二氧化硅 2%，稀土 11%，KH-560 硅烷偶联剂 4%，以上质量百分含量为 100%；

10 步骤 1.2、在高效釜内将称量好的三聚磷酸铝，滑石粉，气相二氧化硅，稀土，KH-560 硅烷偶联剂进行机械研磨粉碎达到厚 5nm，宽 6nm 的片层结构状态，然后将 nm 级聚酰亚胺混合搅拌能够直接插入片层使其剥离，此时片层以 nm 级分散到聚酰亚胺基体中，大大增强了有机与无机之间的界面面积，并且形成强的化学键，从而使复合材料综合性能得到很大改善，制备得到粉料；

15 步骤 2、制备 A 组份：按照质量比 3:3:4 称量粉料、二甲基甲酰胺和环氧树脂，将称量好的粉料、二甲基甲酰胺和环氧树脂混合制备得到 A 组份；

步骤 3、称量质量比为 100:45 的 A 组份和 B 组份；将称量好的 A 组份和 B 组份进行融合，制备得到绿色环保高效阻氮材料。

实施例 2

一种绿色环保高效阻氮材料的制备方法，包括以下步骤：

20 步骤 1、制备粉料：

步骤 1.1、称量：按照质量百分比称量以下组分：聚酰亚胺 60%，三聚磷酸铝 18%，滑石粉 3%，气相二氧化硅 3%，稀土 10%，KH-560 硅烷偶联剂 6%，以上质量百分含量为 100%；

25 步骤 1.2、在高效釜内将称量好的三聚磷酸铝，滑石粉，气相二氧化硅，稀土，KH-560 硅烷偶联剂进行机械研磨粉碎达到厚 5nm，宽 6nm 的片层结构状态，然后将 nm 级聚酰亚胺混合搅拌能够直接插入片层使其剥离，此时片层以 nm 级分散到聚酰亚胺基体中，大大增强了有机与无机之间的界面面积，并且形成强的化学键，从而使复合材料综合性能得到很大改善，制备得到粉料；

步骤 2、制备 A 组份：按照质量比 3:3:4 称量粉料、二甲基甲酰胺和环氧树脂，将称量好的粉料、二甲基甲酰胺和环氧树脂混合制备得到 A 组份；

步骤 3、称量质量比为 100:40 的 A 组份和 B 组份；将称量好的 A 组份和 B 组份进行融合，制备得到绿色环保高效阻氮材料。

5 实施例 3

一种绿色环保高效阻氮材料的制备方法，包括以下步骤：

步骤 1、制备粉料：

步骤 1.1、称量：按照质量百分比称量以下组分：聚酰亚胺 65%，三聚磷酸铝 12%，滑石粉 8%，气相二氧化硅 1%，稀土 12%，KH-560 硅烷偶联剂 2%，以上质量百分含量为 100%；

步骤 1.2、在高效釜内将称量好的三聚磷酸铝，滑石粉，气相二氧化硅，稀土，KH-560 硅烷偶联剂进行机械研磨粉碎达到厚 5nm，宽 6nm 的片层结构状态，然后将 nm 级聚酰亚胺混合搅拌能够直接插入片层使其剥离，此时片层以 nm 级分散到聚酰亚胺基体中，大大增强了有机与无机之间的界面面积，并且形成强的化学键，从而使复合材料综合性能得到很大改善，制备得到粉料；

步骤 2、制备 A 组份：按照质量比 3:3:4 称量粉料、二甲基甲酰胺和环氧树脂，将称量好的粉料、二甲基甲酰胺和环氧树脂混合制备得到 A 组份；

步骤 3、称量质量比为 100:50 的 A 组份和 B 组份；将称量好的 A 组份和 B 组份进行融合，制备得到绿色环保高效阻氮材料。

下面结合具体的实验数据来说明本发明的技术效果：

一、阻氮、降氮性能及氮析出率的测定：

1、阻氮效率测试：

制作一个边长略小于板材边长的单面开口充氮箱，内部放置稳定氮源，箱体顶部设置有活性炭盒，箱体一侧设有两个开口，开口处安装通气管，通气管连接有连续测氮仪，以便对内部氮浓度进行监测。使用实验材料密封开口面，待氮析出率达到稳定后，对材料表面氮析出率 J 进行测量，实验示意图如图 1。

根据公式（1）得到封闭空间体积为 V，表面积和为 S 的密闭空间

内的平衡氦浓度理论计算值 C_{\max} :

$$C_{\max} = (J \cdot S) / \lambda V \quad (1)$$

式中 λ 为氦的衰变常数 $2.1 \cdot 10^{-6} \text{s}^{-1}$ 。若周围介质中的潜势氦浓度为 C_0 ，则通过公式 (2) 计算材料阻氦效率 $\eta_{\text{阻氦}}$:

$$\eta_{\text{阻氦}} = (C_0 - C_{\max}) / C_0 \quad (2)$$

$\eta_{\text{阻氦}}$ 的大小可对材料的阻氦效果进行评价。

2、降氦效率测试:

使用实验板材制作一个密闭腔体，在腔体一侧设有两个开口，用于对腔体内部氦浓度的测量。将腔体放置在一个氦浓度可进行调节的小型氦室中，腔体内部与一台连续测氦仪连接，待小氦室内氦浓度以及温湿度达到稳定后，对腔体内部的氦浓度进行连续测量，实验示意图如图 2。当腔体内部氦浓度稳定后，可以得到在某条件下腔体内的平衡氦浓度 $C_{\text{测}}$ ，在氦室内氦浓度为 C_0 的条件下，可通过式 (3) 得到降氦效率 $\eta_{\text{降氦}}$:

$$\eta_{\text{降氦}} = (C_0 - C_{\text{测}}) / C_0 \quad (3)$$

对标准化操作制作 1mm 厚的 JBT-21S 型阻氦材料、手工制作 2.7mm~3.5mm 厚 JBT-21S 型阻氦材料制作的腔体的降氦效果进行评价，标准化制作 1mm 厚 JBT~21S 型阻氦材料以及手工制作 JBT-21S 型阻氦材料分别在 $1 \cdot 10^4 (\text{Bq/m}^3)$ 、 $2.19 \cdot 10^6 (\text{Bq/m}^3)$ 氦浓度条件下进行测试。

3、扩散系数计算

在已知 $C_{\text{测}}$ ， C_0 ，腔体表面积 S ，体积 V ，材料厚度 H ，而将氦在材料中的溶解系数看为 1 时，可通过式 (4) 得到扩散系数 D :

$$\frac{C_{\text{测}}}{C_0} = \frac{SD}{\lambda HV} \left[1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \times \frac{1}{1 + n^2 \pi^2 D / \lambda H^2} \right] \quad (4)$$

当 $D / \lambda H^2$ 足够大时，式 (4) 可以简化为式 (5):

$$\frac{C_{\text{测}}}{C_0} = \frac{SD}{\lambda HV} \quad (5)$$

代入实验数据即可得到实验材料的扩散系数 D 。

对于 JBT-21S 型阻氦材料制作的腔体，在实际工程中材料的喷涂均由专用装置完成，工艺上有较好保证，故使用在标准作业条件下制作的 1mm 厚腔体得到的数据衡量材料防氦能力。可根据式 (5) 计算出扩散系

5 数为 $D=3.83 \times 10^{-12} (\text{m}^2/\text{s})$ 。

4、测试结论

对 JBT-21S 型阻氦材料的防氦能力进行了定量评价，在实验条件下的氦析出率以及在 $3\text{m} \times 4\text{m} \times 5\text{m}$ 的室内封闭环境中两种测试材料的性能如下表 1:

10

表 1 测试材料防氦性能

材料种类	实施例 1 标准化制作 1mm 厚度阻氦材料	实施例 1 手工制作 2mm 厚度阻氦材料	实施例 2 标准化制作 1mm 厚度阻氦材料	实施例 2 手工制作 2mm 厚度阻氦材料	实施例 3 标准化制作 1mm 厚度阻氦材料	实施例 3 手工制作 2mm 厚度阻氦材料
阻氦效率 (%)	-	99.57	-	99.54	-	99.56
降氦效率 (%)	99.71	-	99.65	-	99.69	-
氦析出率 $\text{mBq}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$	*	6.8	*	6.3	*	6.5

从结果可以看出，测试材料在实验条件下阻氦效果和降氦效果优良，符合室内降氦要求。

二、JBT-21S 型阻氦材料(胶状)毒性检测:

检测依据:

15

1、中华人民共和国国家军用标准《舰船用非金属材料毒性评价规程》(GJB 3881-1999);

2、中华人民共和国国家军用标准《潜艇舱室空气 45 种组分检测方法》(GJB 533.1-533.30-88);

3、中华人民共和国国家军用标准《潜艇舱室空气组分检测方法》(GJB

533.31~533.35—91);

4、中华人民共和国国家军用标准《核潜艇舱室空气组分容许浓度》(GJB 11B-2012);

5、中华人民共和国国家职业卫生标准《工作场所有害因素职业接触限值 化学有害因素》(GBZ2.1-2007);

基材铝板为 0.5mm, 铝板外表面涂有 JBT-21S 型阻氮材料 150 μ m。

1、常温释放物定性分析结果:

常温释放物有: 一氧化碳、二氧化碳、总烃。

2、高温热解物定性分析结果:

10 在 700~1000℃ 时高温热解物有:

无机物(2 种): 一氧化碳、二氧化碳;

脂肪烃(8 种): 戊烷、庚烷、2-丁烯、1, 3-环戊二烯、1, 3-环己二烯、4, 7-桥亚甲基-1H-八氢茚、3-甲基三环[5.2.1.0(2.6)]癸烷、五环[7.5.0.0(2, 7).0(3, 5).0(4, 8)]十四-10, 12-二烯;

15 芳香轻(9 种): 苯、甲苯、乙苯、苯乙烯、丙烯苯、烯丙苯、1-甲基乙稀基苯、(1-环己烯基)-1-甲基苯、1,2,3,4,4a9,9a, 10-八氢蒎;

含氧物(22 种): 乙醇、丁醇、癸醇、2-甲基十六醇、2-甲基-2-丙烯醛、丁醛、己醛、辛醛、苯甲醛、己酸、2-乙基己酸、1-异丁基-4-异丙基-3-异丙基-2,2-二甲基琥珀酸、乙酸丁酯、2-己内酯、邻苯二甲酸酐、邻苯二甲酸二异丁酯、邻苯二甲酸二丁酯、十六酸乙酯、9-十八烯酸乙酯、2-甲基呋喃、20 2-戊基呋喃、3,4-二氢-2H-吡喃;

含氯物(1 种): 2-氯辛烷;

含氮物(2 种): 2-八氢-1(2H)-亚甲基萘基丙二腈、地孟汀;

其他(1 种): 邻苯二甲酰亚胺。

25 3、常温释放物定量分析结果:

表 2 本发明 JBT-21S 型阻氮材料(胶状)常温释放物浓度

名 称	密 封 期 浓 度 (*%; mg/m³)											
	5	1	1	2	30	40	50	60	7	8	90d	
二氧化碳	0.0	0.	0.	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.	0.05	

一氧化碳	1	1	1	1	1.	1	1.	0.9	0.	0.	0.6
氨											/
总 烃	0	0	1	1	1.	1	1.	1	1	1	1.4
苯	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
甲 苯	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
乙 苯	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
二甲 苯	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
苯乙 烯	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
三氯甲烷	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
四氯化	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
二硫化	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
甲 醇	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
乙 醇	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
甲 醛											/
乙 醛	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
丙 酮	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：表中“/”为低于仪器检测灵敏度；“为未测定。

JBT-21S 型阻氦材料（胶状）在 45℃ 时常温释放物主要有一氧化碳、二氧化碳、总烃；在 90 天密封期间其常温释放物最高浓度均未超过《核潜艇舱室空气组分容许浓度》（GJB11B-2012）和《工作场所有害因素职业接触限值化学有害因素》（GBZ2.1-2007）规定的限值；其在 700~1000℃ 时高温热解物约为 45 种。

在与本试验条件一致情况下，该材料可以在核潜艇舱室中使用。

三、耐霉菌检测：

1 试验条件：

1.1 试验温度和湿度

恒定温度 29.8℃~30.2℃、相对湿度 94.8%~95.4%

1.2 试验菌种

黑曲霉（*Aspergillusniger*）

菌种编号：AS3.3928；

黄曲霉（*Asperillusflavus*）

菌种编号：AS3.3950；

杂色曲霉（*Aspergillusversicolor*）

菌种编号：AS3.3885；

绳状青霉（*Penicilliumfuniculosum*）

菌种编号：AS3.3875；

球毛壳霉（Chaetomiumglobosum）

菌种编号：AS3.4254；

1.3 试验周期：28 天

1.4 对照样品纯棉布条 3 件 2 检测结果见表 3 和表 4：

表 3 霉菌试验 7 天时对照样品的检查结果

试样名称及编号	长霉程度	霉菌生长情况	长霉百分率(%)
纯棉布条 1	严重	霉菌大量生长繁殖	97
纯棉布条 2	严重	霉菌大量生长繁殖	97
纯棉布条 3	严重	霉菌大量生长繁殖	97

- 5 经过 7 天的试验，试验中所设 3 件对照样品的长霉面积均超过 90%，结果表明试验过程一切正常有效。

表 4 霉菌试验 28 天后的检查结果

试样名称	工艺	试样编号	生长程度	霉菌生长情况	等级
实施例 1	铝合金板喷涂实施例 1 制备得到的绿色环保高效阻氩材料	1-1	无	材料表面无霉菌生长	0
		1-2	无	材料表面无霉菌生长	0
		1-3	无	材料表面无霉菌生长	0
实施例 2	铝合金板喷涂实施例 2 制备得到的绿色环保高效阻氩材料	2-1	无	材料表面无霉菌生长	0
		2-2	无	材料表面无霉菌生长	0
		2-3	无	材料表面无霉菌生长	0
实施例 3	铝合金板喷涂实施例 3 制备得到的绿色环保高效阻氩材料	3-1	无	材料表面无霉菌生长	0
		3-2	无	材料表面无霉菌生长	0
		3-3	无	材料表面无霉菌生长	0

四、JBT-21S 型阻氩材料耐湿热老化、耐盐雾老化、耐候老化检测，见表 5：

- 10 表 5JBT-21S 型阻氩材料耐湿热老化、耐盐雾老化、耐候老化检测结果

测试项目		检测结果	检测依据
耐湿热老化		涂层无开裂,脱落,气泡。	-30℃老化 4h, 80℃95%± 3%RH 老化 4h 为一个周期,共老化 45 个周期。
耐盐雾老化		涂层无开裂,脱落,气泡;无腐蚀点。	盐雾 35℃老 化 4h,湿 热 环 境 80℃老 化 7d 为一个周期,共老化 4 个周期。
耐候老化		涂层无开裂,脱落,气泡,无色差变化。	GJB150.7-2009 程序 2 进行,24h 为一个周期,每个循环包括 4h 无辐照期,共老化 10 个周期。
附着力, 级	老化前	1	GB/T9286-1998
	老化后	1	

五、本发明制备得到的绿色环保高效阻氮材料的性能见表 6。

表 6 本发明制备得到的绿色环保高效阻氮材料的性能参数

测试项目	检测结果	检测依据
氧指数	28	GB/T2406.1-2008
阻燃性	离火自熄,余焰时间 0S	GB/T2406.2-2009
烟密度	95.9	GB/T8627-2007
拉伸强度 MPa	29	GB/T1040.2-2006
压缩强度 MPa	81.4	GB/T1041-2008
冲击强度 KJ/m ²	17.1	GB/T1843-2008
硬度 shortD	73	GB/T2411-2008
导热系数(25℃)W/m.K	0.273	ISO22007-2
阿克隆磨耗 cm ³ /1.62km	0.28	GB/T1689-2014
表观密度 g/cm ²	1.22	GB/T6343-2009
热稳定性	样品在 210℃时失重	GB/T22232-2008
初凝拉伸强度 MPa	0.4	GB/T1040.2-2006
击穿电压 KV	38.8	GB/T1695-2005

介电常数	2.74	GB/T1409-2006
复合剥离强度 N/mm	16.5	GB/T7760-2016
粘接强度 MPa	6.7	GB/T1040.2-2006

本发明将 A 组份和 B 组份混合后可直接喷涂到洞壁、墙壁和地面，适应现场环境需求，施工方便快捷，节约能耗、提高效率；制备得到的绿色环保高效阻氮材料是一种高效率阻氮材料，阻氮效率达到 99.5%，同时具有低毒性，可满足核潜艇舱室使用标准；阻燃性、燃烧性符合船级标准，其耐霉菌级别达到 0 级标准，使用寿命大于 20 年，同时具有耐湿热、耐盐雾、抗老化、抗辐射的性能。

上述说明示出并描述了发明的若干优选实施例，但如前所述，应当理解发明并非局限于本文所披露的形式，不应看作是对其他实施例的排除，而可用于各种其他组合、修改和环境，并能够在本文所述发明构想范围内，通过上述教导或相关领域的技术或知识进行改动。而本领域人员所进行的改动和变化不脱离发明的精神和范围，则都应在发明所附权利要求的保护范围内。