

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2018 年 11 月 22 日 (22.11.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/209990 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01N 1/28 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2018/072076
- (22) 国际申请日: 2018 年 1 月 10 日 (10.01.2018)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201710343216.1 2017年5月16日 (16.05.2017) CN
- (71) 申请人: 山东大学 (SHANDONG UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国山东省济南市历下区经十路
17923号, Shandong 250061 (CN)。
- (72) 发明人: 李术才 (LI, Shucai); 中国山东省济南市
历下区经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。
许振浩 (XU, Zhenhao); 中国山东省济南市历下
区经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。高
斌 (GAO, Bin); 中国山东省济南市历下区经
十路17923号, Shandong 250061 (CN)。王欣桐
(WANG, Xintong); 中国山东省济南市历下区

经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。王文
扬 (WANG, Wenyang); 中国山东省济南市历下
区经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。施
雪松 (SHI, Xuesong); 中国山东省济南市历下
区经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。黄
鑫 (HUANG, Xin); 中国山东省济南市历下区
经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。潘东
东 (PAN, Dongdong); 中国山东省济南市历下区
经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。赵晓
成 (ZHAO, Xiaocheng); 中国山东省济南市历下
区经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。刘
彤晖 (LIU, Tonghui); 中国山东省济南市历下
区经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。林
鹏 (LIN, Peng); 中国山东省济南市历下区经
十路17923号, Shandong 250061 (CN)。何树江
(HE, Shujiang); 中国山东省济南市历下区经十
路17923号, Shandong 250061 (CN)。

(74) 代理人: 济南圣达知识产权代理有限公司 (JINAN
SHENGDA INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY)

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR PREPARING KARST CAVE BASED ON 3D PRINTING TECHNOLOGY

(54) 发明名称: 一种基于3D打印技术的溶洞制备方法与装置

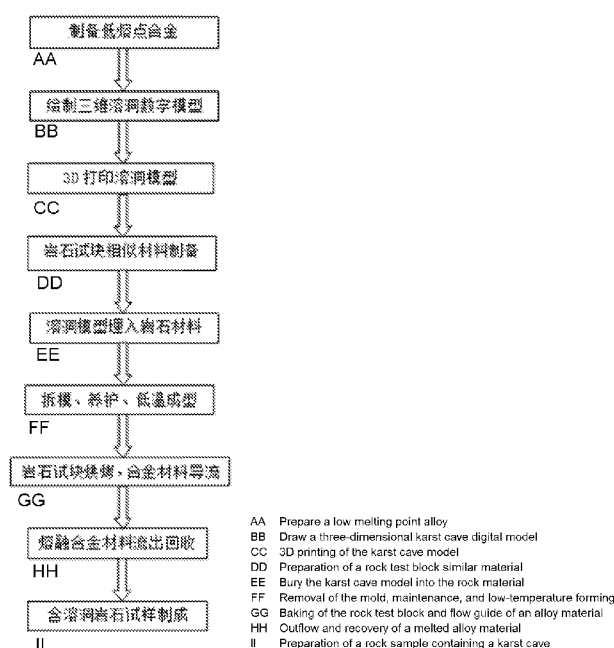


图 1

(57) Abstract: A method and device for preparing a karst cave based on three-dimensional (3D) printing technology. The preparation method comprises the following steps: (1) determining the size of a sample according to test requirements, constructing a 3D karst cave (5) digital model based on a 3D karst cave (5) scanning result, and performing 3D printing using an alloy, so as to form a primary karst cave (5) sample; (2) obtaining a rock similar material mixture according to a proportioning scheme; (3) pouring the mixture into a sample mold while pre-burying the karst cave (5) model into the mixed material according to the position of the karst cave (5); (4) maintaining the sample together with a forming mold at room temperature until the rock similar material is hardened, removing the forming mold, and maintaining at constant temperature and humidity and then baking a prepared rock sample (2) containing the karst cave (5) or electrifying and heating same by means of an electric heating wire provided in the alloy, so as to form the rock sample (2) having the hollow karst cave (5); and (5) filling the hollow karst cave (5) with different fillings so as to form different types of karst cave (5) samples.

CO.,LTD); 中国山东省济南市历下区经十路17703号华特广场B308, Shandong 250061 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种基于3D打印技术的溶洞(5)制备方法与装置, 其中制备方法包括以下步骤: (1) 根据试验要求, 确定试样的大小, 以溶洞(5)三维扫描结果为依据, 构建三维溶洞(5)数字模型, 利用合金进行3D打印, 形成溶洞(5)的初步试样; (2) 配比方案, 按照配比方案岩块相似材料混合物; (3) 将混合物倒入试样模具内, 在倒入过程中, 根据溶洞(5)存在的位置将溶洞(5)模型预先埋入到混合材料中; (4) 将试样连同成型模具在室温下养护, 直到岩石相似材料硬化, 将成型模具拆除, 将制成的含溶洞(5)岩石试样(2)进行恒温恒湿养护后进行烘烤或通过其合金中内置的电热丝通电加热, 形成具有中空溶洞(5)的岩石试样(2); (5) 向中空溶洞(5)内填充不同的充填物, 形成不同类型的溶洞(5)试样。

一种基于3D打印技术的溶洞制备方法与装置

技术领域

本发明涉及土木工程实验相关技术领域，具体涉及一种基于 3D 打印技术的溶洞制备方法与装置。

背景技术

随着国内外铁路公路建设的迫切需求，越来越多的铁路公路在我国西南地区修建。我国西南地区分布着广泛的岩溶，因此溶洞成为铁路公路工程修建过程中常见的地质灾害。岩体中溶洞的存在破坏了岩体自身的完整性和连续性，致使岩体的强度大大降低。同时，由于溶洞的几何形状、充填性质与空间展布规律的不同，导致了岩体的强度、应力分布、变形特性存在明显的差异性。因此，亟需开展、加强有关溶洞赋存岩体力学性质及其破坏机理的基础研究工作。目前国内外学者对于溶洞等地质灾害的数值模拟已经较为深入，但对于溶洞所做的实验研究还较少，这是由于溶洞作为一种特殊的结构，常常发育为不规则形状，有的内部还充填一定的物质，目前还没有比较完备的制作方法。

目前实验中制备的溶洞存在着对溶洞位置定位不精确、溶洞大小的精度控制不足、不能充分考虑溶洞的空间形状、溶洞是岩石试块形成后通过掏空处理得到，制备的溶洞与天然存在的溶洞相似性较差等问题。

在模型试验中对充填性质的溶洞还没有比较好的制作方法，因此迫切需要一种比较完备的制备含有溶洞岩体试样的方法。

发明内容

本发明为了解决上述问题，提出了一种基于 3D 打印技术的溶洞制备方法与装置。

为了实现上述目的，本发明采用如下技术方案：

一种基于 3D 打印技术的溶洞制备方法，包括以下步骤：

- (1) 根据试验要求，确定试样的大小，以溶洞三维扫描结果为依据，构建三维溶洞数字模型，利用合金进行 3D 打印，形成溶洞的初步试样；
- (2) 根据岩块试样与模型的几何相似比、强度相似比以及弹性模量相似比，确定岩块模型的骨料、胶结材料的配比方案，按照配比方案岩块相似材料混合物；
- (3) 将混合物倒入试样模具内，在倒入过程中，根据溶洞存在的位置将溶洞模型预先埋入到混合材料中；
- (4) 将试样连同成型模具在室温下养护，直到岩石相似材料硬化，将成型模具拆除，将制成的含溶洞岩石试样进行恒温恒湿养护后进行烘烤或通过合金内预制的电热丝通电加热，形成具有中空溶洞的岩石试样；
- (5) 向中空溶洞内填充不同的充填物，形成不同类型的溶洞试样。

所述步骤（1）中，利用低熔点金属合成合金。

所述步骤（3）中，对岩块相似材料的配合比进行称量并拌合均匀，将混合材料分层倒入试样模具内，在倒入过程中，根据溶洞存在的位置将溶洞模型预先埋入到混合材料中，并预留导流孔，模具内部涂抹脱离剂，振捣成型。

所述步骤（3）中，导流孔通过预先埋设好的与溶洞和外界联通的细小的低熔点合金条得到，合金条融化后，合金熔融物流出形成导流孔。

所述步骤（4）中，将试样连同成型模具在室温下养护一段时间直至岩石相似材料硬化，将成型模具拆除，将制成的含溶洞岩石试样放在恒温恒湿养护箱中养护设定时间。

所述步骤（4）中，养护温度为 20-25℃，养护相对湿度 94%以上。

所述步骤（4）中，将成型的试验试样进行烘烤或通过合金中预制的电热丝通电加热，充分将低熔点合金制成的溶洞和合金条融化，烘烤时或通电时利用试样的导流孔回收溶洞融化后流出的合金材料，得到具有一中空溶洞的岩石试块。

所述步骤（5）中，泥状颗粒溶洞的制备方法为待打印溶洞过程完成设定部分后，打印形成的部分具有一个开口，通过此开口向溶洞内倒入充填物，充填完成后，继续打印，直至溶洞打印完成，充填物被密封的溶洞之中。

所述步骤（5）中，充水溶洞的制备具体方法为在含溶洞岩体制备完成之后，通过导流孔向溶洞内注水，根据实验需要自行调节注水压力，以获得不同水压的充水溶洞。

一种利用上述方法的制备装置，包括烘箱，所述烘箱的底端设置有合金回收部件，所述烘箱的外侧配置有恒温恒湿养护箱和注水加压装置。

与现有技术相比，本发明的有益效果为：

（1）本发明保证了溶洞模型的天然相似性，便于调节溶洞的形状、大小充填程度等，以符合实际工程岩体的情况；

（2）本发明可针对不同形状、不同尺寸的各种溶洞的初始形态的模拟，具备应用范围广泛的优点；

(3) 本发明可广泛应用于水电、交通、矿山等领域的含溶洞地质灾害的研究，应用范围广泛；

(4) 本发明环保无污染，溶洞生成材料可以回收后下次利用；

(5) 本发明采用 3D 打印制备试样，简化了制作步骤，省时省力，极大的降低了成本。

附图说明

构成本申请的一部分的说明书附图用来提供对本申请的进一步理解，本申请的示意性实施例及其说明用于解释本申请，并不构成对本申请的不当限定。

图 1 是含溶洞岩体模型制作方法流程示意图；

图 2 是本发明中烘烤导流装置示意图；

图 3 是充水溶洞的制备示意图；

其中 1.烘箱；2.岩石试样；3.低熔点合金回收器；4.导流孔；5.溶洞；6.隧道；7.注水加压装置。

具体实施方式：

下面结合附图与实施例对本发明作进一步说明。

应该指出，以下详细说明都是例示性的，旨在对本申请提供进一步的说明。除非另有指明，本文使用的所有技术和科学术语具有与本申请所属技术领域的普通技术人员通常理解的含义。

需要注意的是，这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式，而非意图限制根据本申请的示例性实施方式。如在这里所使用的，除非上下文另外明确指出，否则单数形式也意图包括复数形式，此外，还应当理解的是，当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时，其指明存在特征、步骤、操作、器件、

组件和/或它们的组合。

正如背景技术所介绍的，现有技术中存在目前实验中制备的溶洞存在着对溶洞位置定位不精确、溶洞大小的精度控制不足、不能充分考虑溶洞的空间形状、溶洞是岩石试块形成后通过掏空处理得到，制备的溶洞与天然存在的溶洞相似性较差等问题的不足，为了解决如上的技术问题，本申请提出了一种基于3D打印技术的不同类型溶洞制备方法。

(1) 制备低熔点合金，用作打印溶洞的原材料。

(2) 根据试验要求，确定试样的大小，以溶洞三维扫描结果为依据，预先在三维制图软件中画出实验所需的三维溶洞数字模型。并将该三维数字模型输入3D打印机中。

(3) 打印溶洞，将上述低熔点合金原料熔融后分别置于3D打印机的喷头内，通过3D打印，得到溶洞的初步试样。

(4) 根据岩块试样与模型的几何相似比、强度相似比、弹性模量相似比等，确定岩块模型的骨料、胶结材料的配比方案；配比物质组成包括标准砂、水、硅粉、水泥和减水剂等。

(5) 对岩块相似材料的配合比进行称量并拌合均匀，将混合材料分层倒入试样模具内，在倒入过程中，根据溶洞存在的位置将溶洞模型预先埋入到混合材料中，并预留极小的导流孔，模具内部涂抹脱离剂，振捣成型。

(6) 拆除模具，恒温恒湿养护试样。

(7) 含溶洞岩石试样低温成型。

(8) 将成型的试验试样放入到烘箱中，温度高于100℃，恒温5小时以上，

充分将低熔点合金制成的溶洞融化。

(9) 融化后的合金材料通过导流孔流出，在导流孔下部接一托盘，回收经振捣流出的合金材料，以备下次使用。

(10) 充水溶洞的制作，导流孔可以作为注水孔向溶洞内冲水，也可以采用高压水泵经过导流孔不断向溶洞内充水，形成高压富水溶洞。

本申请的一种典型的实施方式中，如图1所示，具体包括：

1、制备低熔点合金，用作打印溶洞的原材料，具体方法如下：低熔点合金，一般由Sn、Pb、Bi、Cd等低熔点金属合成，本发明采用的合金材料重量配比为：Sn：Pb：Bi：Cd=9.3：34.4：50.0：6.3，按照配比比例准备好合金原材料。

2、根据试验要求，确定试样的大小，以溶洞三维扫描结果为依据，根据几何相似比，预先在三维制图软件中画出实验所需的三维溶洞数字模型。并将该三维数字模型输入3D打印机中。溶洞模型的绘制可以采用CAD、SolidWorks等软件。

3、打印溶洞，将上述低熔点合金原料熔融后分别置于3D打印机的喷头内，通过3D打印，得到溶洞的初步试样，为节省材料，打印的溶洞可以是具有一定抗变形能力的内部中空的壳状体，需要时还可在内部充填碎石泥状颗粒物。

4、根据岩块试样与模型的几何相似比、强度相似比、弹性模量相似比等，确定岩块模型的骨料、胶结材料的配比方案；配比物质组成包括标准砂、水、硅粉、水泥和减水剂等。具体比例根据所研究的工程的实际岩石性质进行配置。

5、将岩块相似材料混合物装入成型模具并振捣成型，具体方法如下：对岩块相似材料的配合比进行称量并拌合均匀，将混合材料分层倒入试样模具内，

在倒入过程中，根据溶洞存在的位置将溶洞模型预先埋入到混合材料中，并预留极小的导流孔，模具内部涂抹脱离剂，振捣成型，导流孔是通过预先埋设好的与溶洞和外界联通的细小的低熔点合金条，合金条融化后，合金熔融物流出形成导流孔，如图2所示。

6、拆除模具，恒温恒湿养护试样方法如下：将试样连同成型模具在室温下养护 30 小时后，岩石相似材料硬化，将成型模具拆除，将制成的含溶洞岩石试样放在恒温恒湿养护箱中养护 30 天，养护温度为 22℃，养护相对湿度 94%以上。

7、溶洞生成。将成型的试验试样放入到烘箱中，温度高于 100℃，恒温 5 小时以上，充分将低熔点合金制成的溶洞和合金条融化，烘烤或通电加热时在试样的导流孔下部接一个托盘，用来回收溶洞融化后流出的合金材料。待合金材料全部流出后，在岩石试块内部便形成了一个中空溶洞。

8、充填碎石，泥状颗粒溶洞的制备，具体方法如下：在步骤三打印溶洞，打印到三分之二时，上部形成了一个开口，通过此开口向溶洞内倒入充填物，充填完成后，继续打印，直至溶洞打印完成，这样充填物就被密封的溶洞之中。在进行步骤 7 溶洞生成时，低合金材料融化成液态并经过导流孔流出到岩体之外，固态的碎石，泥质充填物无法经细小导流孔流出，被留在形成的溶洞空腔内，形成充填型溶洞。

9、充水溶洞的制备，具体方法如下：在含溶洞岩体制备完成之后，经高压水泵通过导流孔向溶洞内注水，注水压力可根据实验需要自行调节，可以获得不同水压的充水溶洞。

以上所述仅为本申请的优选实施例而已，并不用于限制本申请，对于本领域的技术人员来说，本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本申请的保护范围之内。

上述虽然结合附图对本发明的具体实施方式进行了描述，但并非对本发明保护范围的限制，所属领域技术人员应该明白，在本发明的技术方案的基础上，本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本发明的保护范围以内。

权利要求书

1、一种基于 3D 打印技术的溶洞制备方法，其特征是：包括以下步骤：

(1) 根据试验要求，确定试样的大小，以溶洞三维扫描结果为依据，构建三维溶洞数字模型，利用合金进行 3D 打印，形成溶洞的初步试样；

(2) 根据岩块试样与模型的几何相似比、强度相似比以及弹性模量相似比，确定岩块模型的骨料、胶结材料的配比方案，按照配比方案岩块相似材料混合物；

(3) 将混合物倒入试样模具内，在倒入过程中，根据溶洞存在的位置将溶洞模型预先埋入到混合材料中；

(4) 将试样连同成型模具在室温下养护，直到岩石相似材料硬化，将成型模具拆除，将制成的含溶洞岩石试样进行恒温恒湿养护后进行烘烤或通过合金中内置的电热丝通电加热，形成具有中空溶洞的岩石试样；

(5) 向中空溶洞内填充不同的充填物，形成不同类型的溶洞试样。

2、如权利要求 1 所述的一种基于 3D 打印技术的溶洞制备方法，其特征是：所述步骤 (1) 中，利用低熔点金属合成合金。

3、如权利要求 1 所述的一种基于 3D 打印技术的溶洞制备方法，其特征是：所述步骤 (3) 中，对岩块相似材料的配合比进行称量并拌合均匀，将混合材料分层倒入试样模具内，在倒入过程中，根据溶洞存在的位置将溶洞模型预先埋入到混合材料中，并预留导流孔，模具内部涂抹脱离剂，振捣成型。

4、如权利要求 1 所述的一种基于 3D 打印技术的溶洞制备方法，其特征是：所述步骤 (3) 中，导流孔通过预先埋设好的与溶洞和外界联通的细小的低熔点合金条得到，合金条融化后，合金熔融物流出形成导流孔。

5、如权利要求 1 所述的一种基于 3D 打印技术的溶洞制备方法,其特征是:
所述步骤(4)中,将试样连同成型模具在室温下养护一段时间直至岩石相似材料硬化,将成型模具拆除,将制成的含溶洞岩石试样放在恒温恒湿养护箱中养护设定时间。

6、如权利要求 1 所述的一种基于 3D 打印技术的溶洞制备方法,其特征是:
所述步骤(4)中,养护温度为 20-25℃,养护相对湿度 94%以上。

7、如权利要求 1 所述的一种基于 3D 打印技术的溶洞制备方法,其特征是:
所述步骤(4)中,将成型的试验试样进行烘烤或通过合金中预制的电阻丝通电加热,充分将低熔点合金制成的溶洞和合金条融化,烘烤时或通电加热时利用试样的导流孔回收溶洞融化后流出的合金材料,得到具有一中空溶洞的岩石试块。

8、如权利要求 1 所述的一种基于 3D 打印技术的溶洞制备方法,其特征是:
所述步骤(5)中,泥状颗粒溶洞的制备方法为待打印溶洞过程完成设定部分后,打印形成的部分具有一个开口,通过此开口向溶洞内倒入充填物,充填完成后,继续打印,直至溶洞打印完成,充填物被密封的溶洞之中。

9、如权利要求 1 所述的一种基于 3D 打印技术的溶洞制备方法,其特征是:
所述步骤(5)中,充水溶洞的制备具体方法为在含溶洞岩体制备完成之后,通过导流孔向溶洞内注水,根据实验需要自行调节注水压力,以获得不同水压的充水溶洞。

10、一种利用权利要求 1-9 中任一项所述的方法的制备装置，其特征是：包括烘箱，所述烘箱的底端设置有合金回收部件，所述烘箱的外侧配置有恒温恒湿养护箱和注水加压装置。

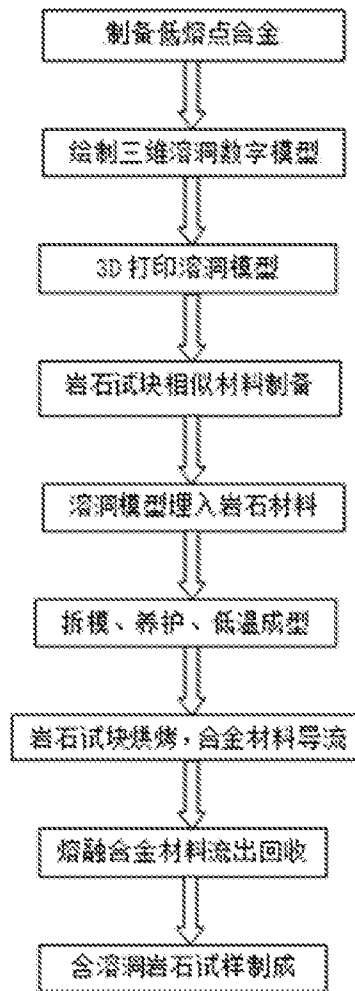


图 1

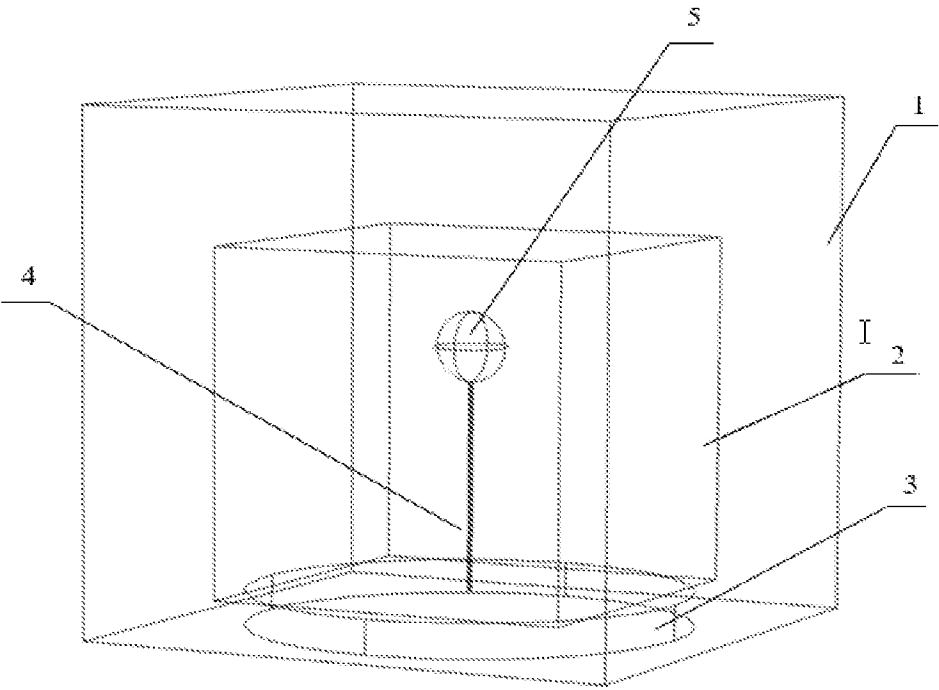


图 2

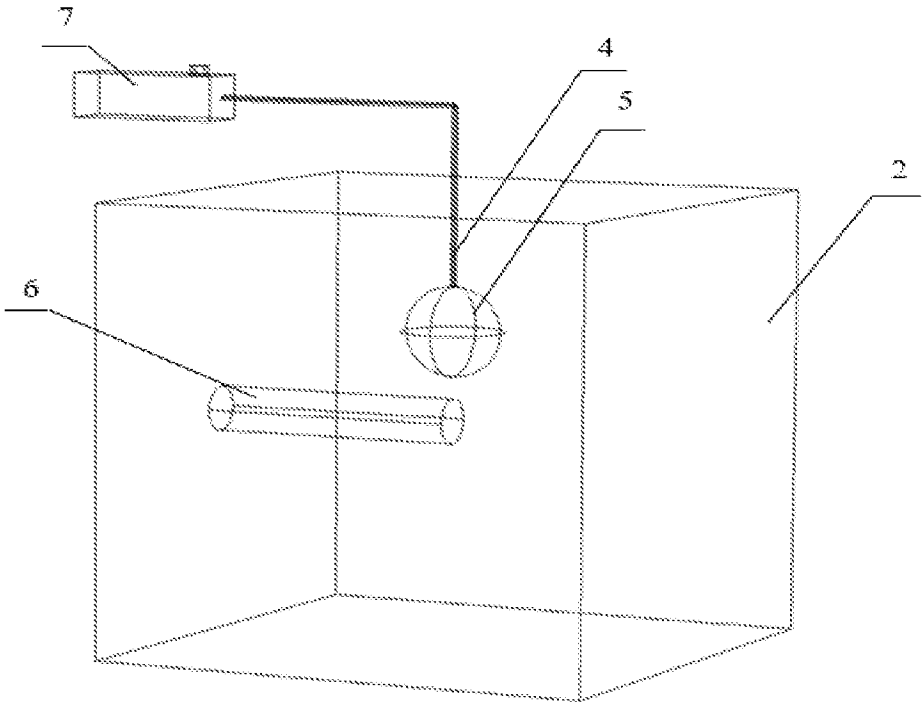


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2018/072076

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 1/28 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPATT; CNKI; EPODOC; WPI: 山东大学, 岩石, 溶洞, 裂, 隙, 洞, 3D, 三维, 打印, 加热, 高温, 烘, 烤, 金属, 银, 锡, 钴, 合金, 电, 热, 融, 培, 模型, 模具, three-dimens+, print+, rock, mold, void, cavity, alloy, metal, melt+, karst, cave

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 107084868 A (SHANDONG UNIVERSITY) 22 August 2017 (22.08.2017), claims 1-10, description, paragraphs [0005]-[0057], and figures 1-3	1-10
Y	CN 105628470 A (HOHAI UNIVERSITY) 01 June 2016 (01.06.2016), description, paragraphs [0008]-[0045], and figures 1 and 2	1-10
Y	CN 105203359 A (CHINA UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGY) 30 December 2015 (30.12.2015), description, paragraphs [0003] and [0025]-[0083], and figures 1-3	1-10
A	CN 105651572 A (HOHAI UNIVERSITY) 08 June 2016 (08.06.2016), entire document	1-10
A	CN 105651570 A (HOHAI UNIVERSITY) 08 June 2016 (08.06.2016), entire document	1-10
A	CN 105651571 A (HOHAI UNIVERSITY) 08 June 2016 (08.06.2016), entire document	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 14 March 2018	Date of mailing of the international search report 28 March 2018
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer ZHONG, Jie Telephone No. (86-10) 53962618

INTERNATIONAL SEARCH REPORTInternational application No.
PCT/CN2018/072076

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 103837390 A (CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM (EAST CHINA)) 04 June 2014 (04.06.2014), entire document	1-10
A	US 2015355158 A1 (GEOCOSM L.L.C.) 10 December 2015 (10.12.2015), entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2018/072076

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 107084868 A	22 August 2017	None	
CN 105628470 A	01 June 2016	None	
CN 105203359 A	30 December 2015	None	
CN 105651572 A	08 June 2016	None	
CN 105651570 A	08 June 2016	None	
CN 105651571 A	08 June 2016	None	
CN 103837390 A	04 June 2014	CN 103837390 B	05 November 2014
US 2015355158 A1	10 December 2015	WO 2015187483 A1	10 December 2015

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/072076

A. 主题的分类 G01N 1/28(2006.01) i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类																										
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) G01N 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNPATT;CNKI;EPODOC;WPI:山东大学, 岩石, 溶洞, 裂, 隙, 孔, 洞, 3D, 三维, 打印, 加热, 高温, 烘, 烤, 金属, 铝, 锡, 钴, 合金, 电, 热, 融, 熔, 模型, 模具, three-dimens+, print+, rock, mold, void, cavity, alloy, metal, melt+, karst, cave																										
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 107084868 A (山东大学) 2017年 8月 22日 (2017 - 08 - 22) 权利要求1-10、说明书第[0005]-[0057]段、附图1-3</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 105628470 A (河海大学) 2016年 6月 1日 (2016 - 06 - 01) 说明书第[0008]-[0045]段、附图1, 2</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 105203359 A (中国矿业大学) 2015年 12月 30日 (2015 - 12 - 30) 说明书第[0003], [0025]-[0083]段、附图1-3</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 105651572 A (河海大学) 2016年 6月 8日 (2016 - 06 - 08) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 105651570 A (河海大学) 2016年 6月 8日 (2016 - 06 - 08) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 105651571 A (河海大学) 2016年 6月 8日 (2016 - 06 - 08) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103837390 A (中国石油大学华东) 2014年 6月 4日 (2014 - 06 - 04) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 107084868 A (山东大学) 2017年 8月 22日 (2017 - 08 - 22) 权利要求1-10、说明书第[0005]-[0057]段、附图1-3	1-10	Y	CN 105628470 A (河海大学) 2016年 6月 1日 (2016 - 06 - 01) 说明书第[0008]-[0045]段、附图1, 2	1-10	Y	CN 105203359 A (中国矿业大学) 2015年 12月 30日 (2015 - 12 - 30) 说明书第[0003], [0025]-[0083]段、附图1-3	1-10	A	CN 105651572 A (河海大学) 2016年 6月 8日 (2016 - 06 - 08) 全文	1-10	A	CN 105651570 A (河海大学) 2016年 6月 8日 (2016 - 06 - 08) 全文	1-10	A	CN 105651571 A (河海大学) 2016年 6月 8日 (2016 - 06 - 08) 全文	1-10	A	CN 103837390 A (中国石油大学华东) 2014年 6月 4日 (2014 - 06 - 04) 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
PX	CN 107084868 A (山东大学) 2017年 8月 22日 (2017 - 08 - 22) 权利要求1-10、说明书第[0005]-[0057]段、附图1-3	1-10																								
Y	CN 105628470 A (河海大学) 2016年 6月 1日 (2016 - 06 - 01) 说明书第[0008]-[0045]段、附图1, 2	1-10																								
Y	CN 105203359 A (中国矿业大学) 2015年 12月 30日 (2015 - 12 - 30) 说明书第[0003], [0025]-[0083]段、附图1-3	1-10																								
A	CN 105651572 A (河海大学) 2016年 6月 8日 (2016 - 06 - 08) 全文	1-10																								
A	CN 105651570 A (河海大学) 2016年 6月 8日 (2016 - 06 - 08) 全文	1-10																								
A	CN 105651571 A (河海大学) 2016年 6月 8日 (2016 - 06 - 08) 全文	1-10																								
A	CN 103837390 A (中国石油大学华东) 2014年 6月 4日 (2014 - 06 - 04) 全文	1-10																								
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																										
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																										
国际检索实际完成的日期 2018年 3月 14日		国际检索报告邮寄日期 2018年 3月 28日																								
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		受权官员 钟杰 电话号码 (86-10)53962618																								

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/072076

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	US 2015355158 A1 (GEOCOSM L. L. C.) 2015年 12月 10日 (2015 - 12 - 10) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/072076

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	107084868	A	2017年 8月 22日	无	
CN	105628470	A	2016年 6月 1日	无	
CN	105203359	A	2015年 12月 30日	无	
CN	105651572	A	2016年 6月 8日	无	
CN	105651570	A	2016年 6月 8日	无	
CN	105651571	A	2016年 6月 8日	无	
CN	103837390	A	2014年 6月 4日	CN	103837390 B 2014年 11月 5日
US	2015355158	A1	2015年 12月 10日	WO	2015187483 A1 2015年 12月 10日