

# (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  
2020 年 7 月 2 日 (02.07.2020)



(10) 国际公布号  
**WO 2020/134577 A1**

- (51) 国际专利分类号:  
*G01N 3/02* (2006.01) *G01N 3/307* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/115478
- (22) 国际申请日: 2019 年 11 月 5 日 (05.11.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:  
201811601112.7 2018 年 12 月 26 日 (26.12.2018) CN
- (71) 申请人: 深圳大学(SHENZHEN UNIVERSITY) [CN/  
CN]; 中国广东省深圳市南山区南海大道  
3688 号, Guangdong 518000 (CN)。
- (72) 发明人: 谢和平(XIE, Heping); 中国广东省深圳  
市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518000

(CN)。 李玉龙(LI, Yulong); 中国陕西省西安市碑林区友谊西路127号, Shaanxi 518000 (CN)。 赵坚(ZHAO, Jian); 中国广东省深圳市南山区南海大道3688号, Guangdong 518000 (CN)。 朱建波(ZHU, Jianbo); 中国广东省深圳市南山区南海大道3688号, Guangdong 518000 (CN)。 索涛(SUO, Tao); 中国陕西省西安市碑林区友谊西路127号, Shaanxi 518000 (CN)。 汤忠斌(TANG, Zhongbin); 中国陕西省西安市碑林区友谊西路127号, Shaanxi 518000 (CN)。 周韬(ZHOU, Tao); 中国广东省深圳市南山区南海大道3688号, Guangdong 518000 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市科吉华烽知识产权事务所  
(普通合伙) (SZ KINDWOLF INTELLECTUAL  
PROPERTY FIRM); 中国广东省深圳市南山

(54) Title: TEMPERATURE CONTROL SYSTEM AND METHOD FOR TRUE TRIAXIAL DYNAMIC AND STATIC COMBINED LOADING HOPKINSON PRESSURE BAR

(54) 发明名称: 真三轴动静组合加载霍普金森压杆的温度控制系统及方法

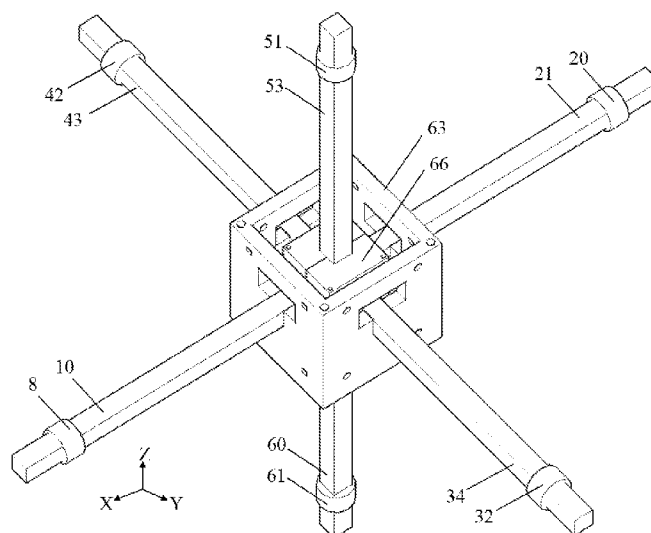


图 9

(57) Abstract: Disclosed are a temperature control system and method for a true triaxial dynamic and static combined loading Hopkinson pressure bar. The temperature control system comprises a temperature control box (66), wherein a heating hole (72) is provided in the temperature control box (66); a heating rod (73) with a lead (74) is placed in the heating hole (72); the volume of a hearth of the temperature control box (66) is 1.5-2.5 times a test sample (64); square holes are reserved in six faces of the temperature control

区深南西路深南花园裙楼A区四层402室, Guangdong 518057 (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))。

box (66), and the size of each of the square holes in the six faces is consistent with the size of a square rod (10, 21, 34, 43, 53, 60) of a Hopkinson pressure bar; and the temperature control box (66) is designed as four symmetric parts (67, 68, 69, 70). The method comprises the following steps: 1: assembling the temperature control box (66); 2: installing a cushion block (75); 3: placing the temperature control box (66) at the central position of an upper surface of the cushion block (75); 4: carrying out heating processing on the test sample (64); and 5: applying a static prestress and impact load on the test sample (64). The design of the temperature control system and method enables the test sample (64) to be heated in situ and kept at a constant temperature, thus facilitating experimental studies on dynamic impact loading tests based on a true triaxial Hopkinson pressure bar under different temperature fields.

(57) 摘要: 一种真三轴动静组合加载霍普金森压杆的温度控制系统及方法, 包括温度控制箱(66), 温度控制箱(66)内置有加热孔(72), 带引线(74)的加热棒(73)放置在加热孔(72)中, 温度控制箱(66)的炉膛体积为测试试样(64)的1.5倍至2.5倍之间, 温度控制箱(66)的六个面预留方孔, 六个面上方孔的尺寸与霍普金森杆的方形杆(10, 21, 34, 43, 53, 60)的尺寸一致, 温度控制箱(66)设计为对称的四部分(67, 68, 69, 70)。方法包括以下步骤: 1: 组装温度控制箱(66); 2: 安装垫块(75); 3: 将温度控制箱(66)放置于垫块(75)上表面中心位置; 4: 对测试试样(64)进行加热处理; 5: 对测试试样(64)施加静态预应力、冲击荷载。该温度控制系统及方法的设计可以使测试试样(64)原位加热并保持恒定温度, 便于开展不同温度场下的基于真三轴霍普金森压杆动态冲击加载测试实验研究。

# 真三轴动静组合加载霍普金森压杆的温度控制系统及方法

## 技术领域

[0001] 本发明涉及动态力学测试领域，尤其涉及基于真三轴动静组合加载霍普金森杆的温压耦合控制装置及测试方法。

## 背景技术

[0002] 在深部矿产资源开采以及岩土工程（如隧道、地下掩体和深部核废料储存硐室等）开挖过程中，岩石等材料不仅要承受高地应力和爆破开挖等产生的工程扰动，还受到高温的作用。根据量测，越往地下深处，地温越高，深部岩体的高地温也会对岩体的力学特性产生显著的影响，特别高地应力和高地温下深部岩体的力学性质与普通环境条件下具有巨大差别。国内外现有开展岩石等材料在高地应力和高温作用下的动态力学特性研究，大多是基于传统的一维动静组合加载霍普金森压杆实验装置（如专利号为200510032031.6的装置），该装置虽然能够开展等围压(三个主方向的应力满足： $\sigma_1 \neq \sigma_2 = \sigma_3$ )条件下的岩石动静组合加载试验研究，但是温度场对岩石试样的影响则无法实时考虑。其通常做法是先将岩石试样在高温炉中加热至一定温度，随后将其自然冷却，然后再对冷却后的岩石试样开展相关动态冲击加载试验研究，这显然与深部实际岩体的实际工况不符合。专利号为201620574575.9的实用新型专利介绍了一种可以在岩石类试样施加预定真三轴静态应力(三个主方向的应力满足： $\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3$ )后，再对试样进行单向冲击加载的装置，实现了在稳定静载真三轴应力状态下岩石试样的冲击加载。但是，该装置测试时仍然无法实时考虑温度场对岩石试样的影响，尤其是无法考虑实时温度和压力耦合加载的情况。因此，目前国内外尚没有将温度控制系统和动静组合加载系统，特别是真三轴动静组合加载系统，联合在一起考虑实时温度和压力耦合加载的真三轴动静组合加载霍普金森杆设备。

## 发明概述

## 技术问题

## 问题的解决方案

### 技术解决方案

- [0003] 为了解决现有技术问题，本发明提供了一种真三轴动静组合加载霍普金森压杆的温度控制系统，其包括中心立方体方箱，以中心立方体方箱为对称中心，分别对称布置X+向、X-向、Y+向、Y-向、Z+向和Z-向围压加载系统、电磁脉冲激发腔、方形杆、凸台以及自润滑方形杆固定支撑架，构成三轴六向霍普金森杆系统，围压加载系统包括围压加载液压油缸、围压加载作动器与围压加载框；其中方形杆由自润滑方形杆固定支撑架固定，中心立方体方箱设有方形开口，方形杆与中心立方体方箱于方形开口实现中对连接；围压加载液压油缸和围压加载作动器与围压加载框串联组合，电磁脉冲激发腔放置在围压加载框内，并放置于方形杆的入射端，且与方形杆的入射端自由且紧密的贴合，围压加载框与凸台串联连接；凸台置于方形杆入射端；
- [0004] 所述温度控制系统还包括温度控制装置，所述温度控制装置包括温度控制箱，所述温度控制箱内置有加热孔，带引线的加热棒放置在加热孔中，温度控制箱的炉膛体积为测试试样的1.5倍至2.5倍之间，温度控制箱的六个面预留方孔，六个面上方孔的尺寸与霍普金森杆的方形杆的尺寸一致，温度控制箱设计为对称的四部分。
- [0005] 作为本发明的进一步改进，凸台距离方形杆端部为杆长的3%至7%处。
- [0006] 作为本发明的进一步改进，凸台的长度为方形杆长度的1.5%至4%。
- [0007] 作为本发明的进一步改进，凸台的直径为方形杆横截面边长的1.5至2.5倍。
- [0008] 根据上述任意一项的一种真三轴动静组合加载霍普金森压杆的温度控制系统进行温度控制的方法，包括如下步骤：
- [0009] 步骤1：组装温度控制箱，先将温度控制箱的第一、第二两部分、连接起来，然后将第三部分装入，随后将第一、第二两部分、和第三部分连接起来，再将温度控制箱第四部分安装上去，固定连接，形成完整的温度控制装置；
- [0010] 步骤2：安装垫块，将设置在中心立方体方箱内的垫块进行组装，将其放置在中心立方体方箱底面正中央；
- [0011] 步骤3：待所述步骤2安装后，将步骤1所述温度控制箱放置于所述步骤2的垫块

上表面中心位置，使测试试样位于温度控制箱的正中间位置，至此，完成真三轴霍普金森压杆温度控制系统的安装步骤；

[0012] 步骤4：待上述步骤3完成后，对测试试样进行加热处理，通过温度控制软件系统控制热电偶，设置升温速率和温度范围，然后通过智能温度控制传感器反馈实时温度到显示软件系统，确保加热至预定温度，随后使试样保持恒温状态；

[0013] 步骤5：待上述步骤4完成后，对测试试样施加静态预应力，静态预应力施加完成后，对试样施加冲击荷载，实现原位控制立方体试样温度和压力耦合加载下的真三轴动静组合加载试验研究。

[0014] 作为本发明的进一步改进，所述温度范围为常温至1000℃。

[0015] 作为本发明的进一步改进，所述温度范围为20℃-300℃。

## 发明的有益效果

### 有益效果

[0016] 本发明的有益效果是：

[0017] 本发明可以使测试试样原位加热并保持恒定温度，开展不同温度场下的基于真三轴霍普金森压杆动态冲击加载测试实验研究。

[0018] 本发明使得科研人员可以开展不同温度场和应力场先后作用或同时作用下岩石、混凝土等材料的动态损害演化和破坏规律研究。

[0019] 本发明填补了岩石、混凝土等材料动态冲击加载尤其是真三轴动静组合加载中无法开展温压耦合测试的空白。

## 对附图的简要说明

### 附图说明

[0020] 附图1是立方体试样示意图；

[0021] 附图2是三轴六向同步协调控制电磁加载霍普金森杆系统三维示意图；

[0022] 附图3是方形杆与凸台构造三维示意图；

[0023] 附图4是凸台构造与围压加载系统连接三维示意图；

[0024] 附图5是凸台构造与围压加载系统连接二维主视图

[0025] 附图6是X向单轴双向液压加载系统俯视图；

[0026] 附图7是温度控制箱剖面三维示意图；

[0027] 附图8是温度控制箱三维示意图;

[0028] 附图9是温压耦合结构三维图;

[0029] 附图10是温压耦合结构剖面三维图。

[0030] 图中标号对应部件名称如下:

[0031] 1 X<sub>+</sub>向支撑平台, 2 X<sub>+</sub>向围压加载液压油缸, 3 X<sub>+</sub>向围压加载端挡板, 4 X<sub>+</sub>向围压加载作动器, 5 X<sub>+</sub>向电磁脉冲激发腔支撑架, 6 X<sub>+</sub>向电磁脉冲激发腔, 7 X<sub>+</sub>向围压加载框, 8 X<sub>+</sub>向凸台, 9 X<sub>+</sub>向连杆支撑杆, 10 X<sub>+</sub>向方形杆, 11 X<sub>+</sub>向自润滑方形杆固定支撑架, 12 X<sub>+</sub>向方形杆对中定位导轨, 13 X<sub>-</sub>向围压加载固定端挡板, 14 X<sub>-</sub>向电磁脉冲激发腔, 15 X<sub>-</sub>向方形杆对中定位导轨, 16 X<sub>-</sub>向连杆支撑杆, 17 X<sub>-</sub>向围压加载框, 18 X<sub>-</sub>向自润滑方形杆固定支撑架, 19 X<sub>-</sub>向电磁脉冲激发腔支撑架, 20 X<sub>-</sub>向凸台, 21 X<sub>-</sub>向方形杆, 22 X<sub>-</sub>向支撑平台, 23 Y<sub>+</sub>向围压加载端挡板, 24 Y<sub>+</sub>向围压加载液压油缸, 25 Y<sub>+</sub>向支撑平台, 26 Y<sub>+</sub>向方形杆对中定位导轨, 27 Y<sub>+</sub>向围压加载作动器, 28 Y<sub>+</sub>向电磁脉冲激发腔支撑架, 29 Y<sub>+</sub>向电磁脉冲激发腔, 30 Y<sub>+</sub>向连杆支撑杆, 31 Y<sub>+</sub>向围压加载框, 32 Y<sub>+</sub>向凸台, 33 Y<sub>+</sub>向自润滑方形杆固定支撑架, 34 Y<sub>+</sub>向方形杆, 35 Y<sub>-</sub>向围压加载固定端挡板, 36 Y<sub>-</sub>向连杆支撑杆, 37 Y<sub>-</sub>向围压加载框, 38 Y<sub>-</sub>向方形杆对中定位导轨, 39 Y<sub>-</sub>向支撑平台, 40 Y<sub>-</sub>向电磁脉冲激发腔, 41 Y<sub>-</sub>向电磁脉冲激发腔支撑架, 42 Y<sub>-</sub>向凸台, 43 Y<sub>-</sub>向方形杆, 44 Y<sub>-</sub>向自润滑方形杆固定支撑架, 45 Z<sub>+</sub>向围压加载液压油缸, 46 Z<sub>+</sub>向围压加载作动器, 47 Z<sub>+</sub>向围压加载框, 48 Z<sub>+</sub>向电磁脉冲激发腔支撑架, 49 Z<sub>+</sub>向电磁脉冲激发腔, 50 Z<sub>+</sub>向竖向固定与支撑框架, 51 Z<sub>+</sub>向凸台, 52 Z<sub>+</sub>向自润滑方形杆固定支撑架, 53 Z<sub>+</sub>向方形杆, 54 Z<sub>+</sub>向方形杆对中定位导轨, 55 Z<sub>-</sub>向自润滑方形杆固定支撑架, 56 Z<sub>-</sub>向竖向固定与支撑框架, 57 Z<sub>-</sub>向电磁脉冲激发腔, 58 Z<sub>-</sub>向围压加载框, 59 Z<sub>-</sub>向方形杆对中定位导轨, 60 Z<sub>-</sub>向方形杆, 61 Z<sub>-</sub>向凸台, 62 Z<sub>-</sub>向电磁脉冲激发腔支撑架, 63 中心立方体方箱, 64 立方体试样, 65 中心支撑平台, 66 温度控制箱, 67 温度控制箱第一部分, 68 温度控制箱第二部分, 69 温度控制箱第三部分, 70 温度控制箱第四部分, 71 螺栓连接孔, 72 加热孔, 73 加热棒, 74 引线, 75 垫块。

## 发明实施例

### 本发明的实施方式

[0032] 下面结合附图对本发明做进一步说明。

[0033] 本发明提供一种基于真三轴动静组合加载霍普金森压杆的温度控制系统，达到能够在加载过程中同时满足原位加热功能的试验效果。

[0034] 图1为立方体试样64，立方体试样64的各向边缘设有0.5 mm-2 mm 的倒角，是为了给试样留下变形的空间以及避免测试试样挤压变形导致方形杆互相碰撞受损。

[0035] 图2为三轴六向同步协调控制电磁加载霍普金森杆系统三维图。试验装置置于水平十字支撑平台上，该平台包括X<sub>+</sub>向支撑平台1、X<sub>-</sub>向支撑平台22、Y<sub>+</sub>向支撑平台25和Y<sub>-</sub>向支撑平台39以及中心支撑平台65。中心立方体方箱63上表面（沿Z<sub>+</sub>向）完全开口，沿X<sub>+</sub>向、X<sub>-</sub>向、Y<sub>+</sub>向、Y<sub>-</sub>向、和Z<sub>-</sub>向分别于中心立方体方箱正中间位置设置方形开口，且方形开口尺寸与方形杆尺寸相同；中心立方体方箱63置于中心支撑平台65的上表面正中心，且与水平十字支撑平台构成正交坐标系用于三轴六向霍普金森杆系统的精准定位和对中。

[0036] 以中心立方体方箱63为对称中心，分别对称布置X<sub>+</sub>向、X<sub>-</sub>向、Y<sub>+</sub>向、Y<sub>-</sub>向、Z<sub>+</sub>向和Z<sub>-</sub>向围压加载系统、电磁脉冲激发腔、方形杆以及自润滑方形杆固定支撑架，构成三轴六向霍普金森杆系统。其中X<sub>+</sub>向方形杆10由X<sub>+</sub>向自润滑方形杆固定支撑架11固定，并沿X<sub>+</sub>向方形杆对中定位导轨12与中心立方体方箱63于X<sub>+</sub>向方形开口实现中对连接；X<sub>+</sub>向围压加载液压油缸2和X<sub>+</sub>向围压加载作动器4与X<sub>+</sub>向围压加载框7串联组合，X<sub>+</sub>向电磁脉冲激发腔6与X<sub>+</sub>向电磁脉冲激发腔支撑架5放置在X<sub>+</sub>向围压加载框7内，并放置于X<sub>+</sub>向方形杆10的入射端，且与X<sub>+</sub>向方形杆10的入射端自由且紧密的贴合，X<sub>+</sub>向围压加载框7与X<sub>+</sub>向凸台8串联连接，用于沿X<sub>+</sub>向方形杆10的入射端对立方体试样64施加X<sub>+</sub>向静态围压和动态应力脉冲荷载；X<sub>+</sub>向连杆支撑杆9将X<sub>+</sub>向围压加载端挡板3与中心立方体方箱63连接起来为X<sub>+</sub>向静态围压施加提供固定框架与反力支撑系统。X<sub>-</sub>向方形杆21由X<sub>-</sub>向自润滑方形杆固定支撑架18固定，并沿X<sub>-</sub>向方形杆对中

定位导轨15与中心立方体方箱63于X<sub>1</sub>向方形开口实现中对连接；X<sub>1</sub>向电磁脉冲激发腔14与X<sub>1</sub>向电磁脉冲激发腔支撑架19置于X<sub>1</sub>向围压加载框17内部，并放置于X<sub>1</sub>向方形杆21的入射端，且与X<sub>1</sub>向方形杆21的入射端自由且紧密的贴合，X<sub>1</sub>向围压加载框17与X<sub>1</sub>向凸台20连接，用于沿X<sub>1</sub>向方形杆21的入射端对立方体试样64施加X<sub>1</sub>向静态围压和动态应力脉冲荷载；X<sub>1</sub>向连杆支撑杆16将X<sub>1</sub>向围压加载固定端挡板13与中心立方体方箱63连接起来为X<sub>1</sub>向静态围压施加提供固定框架与反力支撑系统。Y<sub>1</sub>向方形杆34由Y<sub>1</sub>向自润滑方形杆固定支撑架33固定，并沿Y<sub>1</sub>向方形杆对中定位导轨26与中心立方体方箱63于Y<sub>1</sub>向方形开口实现中对连接；Y<sub>1</sub>向围压加载液压油缸24和Y<sub>1</sub>向围压加载作动器27与Y<sub>1</sub>向围压加载框31串联组合，Y<sub>1</sub>向电磁脉冲激发腔29与Y<sub>1</sub>向电磁脉冲激发腔支撑架28放置在Y<sub>1</sub>向围压加载框31内，并放置于Y<sub>1</sub>向方形杆34的入射端，且与Y<sub>1</sub>向方形杆34的入射端自由且紧密的贴合，Y<sub>1</sub>向围压加载框31与Y<sub>1</sub>向凸台32串联连接，用于沿Y<sub>1</sub>向方形杆34的入射端对立方体试样64施加Y<sub>1</sub>向静态围压和动态应力脉冲荷载；Y<sub>1</sub>向连杆支撑杆30将Y<sub>1</sub>向围压加载端挡板23与中心立方体方箱63连接起来为Y<sub>1</sub>向静态围压施加提供固定框架与反力支撑系统。Y<sub>2</sub>向方形杆43由Y<sub>2</sub>向自润滑方形杆固定支撑架44固定，并沿Y<sub>2</sub>向方形杆对中定位导轨38与中心立方体方箱63于Y<sub>2</sub>向方形开口实现中对连接；Y<sub>2</sub>向电磁脉冲激发腔40与Y<sub>2</sub>向电磁脉冲激发腔支撑架41置于Y<sub>2</sub>向围压加载框37内部，并放置于Y<sub>2</sub>向方形杆43的入射端，且与Y<sub>2</sub>向方形杆43的入射端自由且紧密的贴合，Y<sub>2</sub>向围压加载框37与Y<sub>2</sub>向凸台42连接，用于沿Y<sub>2</sub>向方形杆43的入射端对立方体试样4施加Y<sub>2</sub>向静态围压和动态应力脉冲荷载；Y<sub>2</sub>向连杆支撑杆36将Y<sub>2</sub>向围压加载固定端挡板35与中心立方体方箱63连接起来为Y<sub>2</sub>向静态围压施加提供固定框架与反力支撑系统。Z<sub>1</sub>向方形杆53由Z<sub>1</sub>向自润滑方形杆固定支撑架52固定，并沿Z<sub>1</sub>向方形杆对中定位导轨54与中心立方体方箱63于Z<sub>1</sub>向方形开口实现中对连接；Z<sub>1</sub>向围压加载液压油缸45和Z<sub>1</sub>向围压加载作动器46与Z<sub>1</sub>向围压加载框47串联组合，Z<sub>1</sub>向电磁脉冲激发腔49与Z<sub>1</sub>向电磁脉冲激发腔支撑架48放置在Z<sub>1</sub>向围压加载框47内，并放置于Z<sub>1</sub>向方形杆53的入射端，且与Z<sub>1</sub>向方形杆53的入射端自由且紧密的贴合，Z<sub>1</sub>向围压加载框47与Z<sub>1</sub>向凸台51串联连接，用于沿Z<sub>1</sub>向方形杆53的入射端对立方体试样64施加Z<sub>1</sub>



向静态围压和动态应力脉冲荷载；Z<sub>+</sub>向竖向固定与支撑框架50与中心立方体方箱63连接起来为Z<sub>+</sub>向静态围压施加提供固定框架与反力支撑系统。Z<sub>-</sub>

向方形杆60由Z<sub>-</sub>向自润滑方形杆固定支撑架55固定，并沿Z<sub>-</sub>向方形杆对中定位导轨59与中心立方体方箱63于Z<sub>-</sub>向方形开口实现中对连接；Z<sub>-</sub>向电磁脉冲激发腔57与Z<sub>-</sub>向电磁脉冲激发腔支撑架62置于Z<sub>-</sub>向围压加载框58内部，并放置于Z<sub>-</sub>向方形杆60的入射端，且与Z<sub>-</sub>向方形杆60的入射端自由且紧密的贴合，Z<sub>-</sub>向围压加载框58与Z<sub>-</sub>向凸台61连接，用于沿Z<sub>-</sub>向方形杆60的入射端对立方体试样64施加Z<sub>-</sub>向静态围压和动态应力脉冲荷载；Z<sub>-</sub>向竖向固定与支撑框架56与中心立方体方箱63连接起来为Z<sub>-</sub>向静态围压施加提供固定框架与反力支撑系统。

[0037] 如图3至图5所示，凸台8安置于方形杆10入射端，距离端部约为杆长的3%至7%处，凸台的长度可为方形杆长度的1.5%至4%，凸台的直径可为方形杆横截面边长的1.5至2.5倍。

[0038] 图6是X向真三轴动静组合加载霍普金森杆俯视图。三轴六向霍普金森压杆的动静载荷同步伺服控制系统的工作原理为（取X向单轴双向液压加载系统为例）：

[0039] X<sub>+</sub>向霍普金森杆系由X<sub>+</sub>向围压加载端挡板3、X<sub>+</sub>向围压加载液压油缸2、X<sub>+</sub>向围压加载作动器4、X<sub>+</sub>向电磁脉冲激发腔6、X<sub>+</sub>向连杆支撑杆9、X<sub>+</sub>向方形杆10、X<sub>+</sub>向自润滑方形杆固定支撑架11、X<sub>+</sub>向电磁脉冲激发腔支撑架5和X<sub>+</sub>向方形杆对中定位导轨12构成；其中X<sub>+</sub>向方形杆10由X<sub>+</sub>向自润滑方形杆固定支撑架11固定，并沿X<sub>+</sub>向方形杆对中定位导轨12与中心立方体方箱63于X<sub>+</sub>向方形开口实现中对连接；X<sub>+</sub>向围压加载液压油缸2和X<sub>+</sub>向围压加载作动器4与X<sub>+</sub>向围压加载框7串联组合，X<sub>+</sub>向围压加载框7与X<sub>+</sub>向凸台8串联连接，用于沿X<sub>+</sub>向方形杆10的入射端对测试试样施加X<sub>+</sub>静态围压，X<sub>+</sub>向电磁脉冲激发腔6与X<sub>+</sub>向电磁脉冲激发腔支撑架5放置在X<sub>+</sub>向围压加载框7内，并放置于X<sub>+</sub>向方形杆10的入射端，且与X<sub>+</sub>向方形杆10的入射端自由且紧密的贴合，用于沿X<sub>+</sub>向方形杆10的入射端对测试试样施加X<sub>+</sub>动态应力脉冲荷载；X<sub>+</sub>向连杆支撑杆9将X<sub>+</sub>向围压加载端挡板3与中心立方体方箱63连接起来为X<sub>+</sub>向静态围压施加提供固定框架与反力支撑系统。X<sub>-</sub>向方形杆21由X<sub>-</sub>向自润滑方形杆固定支撑架18固定，并沿X<sub>-</sub>向方形杆对中定位导轨15与中心立方体方箱63于X<sub>-</sub>向方形开口实现中对连接；X<sub>-</sub>向电

磁脉冲激发腔14与X<sub>1</sub>向电磁脉冲激发腔支撑架19置于X<sub>1</sub>向围压加载框17内部，并放置于X<sub>1</sub>向方形杆21的入射端，且与X<sub>1</sub>向方形杆21的入射端自由且紧密的贴合，X<sub>1</sub>向围压加载框17与X<sub>1</sub>向凸台20连接，用于沿X<sub>1</sub>向方形杆21的入射端对测试试样施加X<sub>1</sub>静态围压和动态应力脉冲荷载；X<sub>1</sub>向连杆支撑杆16将X<sub>1</sub>向围压加载固定端挡板13与中心立方体方箱63连接起来为X<sub>1</sub>向静态围压施加提供固定框架与反力支撑系统。

[0040] 按以上方式安装好装置和立方体试样64后，打开高压油管，通过进油口给X<sub>1</sub>向围压加载液压油缸2充油，推动X<sub>1</sub>向围压加载作动器4向前运动，并与X<sub>1</sub>向围压加载框7接触；继续施加油压推动X<sub>1</sub>向围压加载作动器4向前移动，将轴向压力通过凸台8传递至X<sub>1</sub>方向方形杆10，进而作用到立方体试样64上，使其受到X<sub>1</sub>方向精准静态预应力（围压）。同理，Y、Z方向静态围压加载原理与X方向相同。需要说明的是：通过静态围压加载伺服控制器系统，可实现X、Y、Z三个方向静态预应力同步控制加载，并且X、Y、Z三个方向静态预应力可根据实验测试需要灵活的设定各自的荷载幅值。

[0041] 图7为温度控制箱剖面三维示意图，图8是温度控制箱三维示意图。

[0042] 温度控制箱66内置有加热孔72，带引线74的加热棒73放置在加热孔72中。真三轴动静组合加载下的温度控制装置是三轴六向同步协调控制电磁加载霍普金森压杆系统的一个突出优点。温度控制装置是在加热箱中内置多个由热电偶和智能温度控制传感器等组成的小型加热系统，加热箱的炉膛体积约为测试试样的两倍，其目的主要是使炉膛内温度保持均匀，从而避免测试试样产生非均匀加热现象。试验时，通过控制软件系统控制热电偶，设置升温速率和温度范围等（温度范围为常温至1000℃，优选20℃-300℃），然后通过智能温度控制传感器反馈实时温度到显示软件系统，确保加热至预定温度。加热至预定温度后，可利用三轴六向同步协调控制电磁加载系统对测试试样施加动态冲击荷载，开展相关动力学试验，实现原位控制立方体试样温度和压力耦合加载下的真三轴动静组合加载试验研究。

[0043] 图9为温压耦合结构三维图；图10为温压耦合结构剖面三维图。

[0044] 真三轴霍普金森压杆温度控制系统及方法，步骤如下：

- [0045] 步骤1: 组装温度控制箱66, 先将温度控制箱66的第一、第二两部分67、68连接起来, 然后将第三部分69装入, 随后将第一、第二两部分67、68和第三部分69连接起来, 再将温度控制箱第四部分70安装上去, 固定连接, 形成完整的温度控制装置;
- [0046] 步骤2: 安装垫块75, 将可拆卸的垫块75放置在中心立方体方箱63底面正中央;
- [0047] 步骤3: 待所述步骤2安装后, 将步骤1所述温度控制箱66放置于所述步骤2的垫块75上表面中心位置, 使测试试样64位于温度控制箱66的正中间位置, 至此, 完成真三轴霍普金森压杆温度控制系统的安装步骤。
- [0048] 步骤4: 待上述步骤3完成后, 对测试试样64进行加热处理, 通过温度控制系统控制热电偶, 设置升温速率和温度范围等(温度范围为常温至1000°C, 优选20°C-300°C), 然后通过智能温度控制传感器反馈实时温度到显示软件系统, 确保加热至预定温度, 随后使试样64保持恒温状态。
- [0049] 步骤5: 待上述步骤4完成后, 对测试试样64施加静态预应力(围压), (静态预应力(围压)按照图6所描述的方式施加); 静态预应力(围压)施加完成后, 可利用三轴六向同步协调控制电磁加载系统对测试试样施加动态冲击荷载, 开始对试样施加冲击荷载, 实现原位控制立方体试样温度和压力耦合加载下的真三轴动静组合加载试验研究。
- [0050] 以上内容是结合具体的优选实施方式对本发明所作的进一步详细说明, 不能认定本发明的具体实施只局限于这些说明。对于本发明所属技术领域的普通技术人员来说, 在不脱离本发明构思的前提下, 还可以做出若干简单推演或替换, 都应当视为属于本发明的保护范围。

## 权利要求书

- [权利要求 1] 一种真三轴动静组合加载霍普金森压杆的温度控制系统，其特征在于：
- 其包括中心立方体方箱，以中心立方体方箱（63）为对称中心，分别对称布置 $X_+$ 向、 $X_-$ 向、 $Y_+$ 向、 $Y_-$ 向、 $Z_+$ 向和 $Z_-$ 向围压加载系统、电磁脉冲激发腔、方形杆、凸台以及自润滑方形杆固定支撑架，构成三轴六向霍普金森杆系统，围压加载系统包括围压加载液压油缸、围压加载作动器与围压加载框；其中方形杆由自润滑方形杆固定支撑架固定，中心立方体方箱（63）设有方形开口，方形杆与中心立方体方箱（63）于方形开口实现中对连接；围压加载液压油缸和围压加载作动器与围压加载框串联组合，电磁脉冲激发腔放置在围压加载框内，并放置于方形杆的入射端，且与方形杆的入射端自由且紧密的贴合，围压加载框与凸台串联连接；凸台置于方形杆入射端；
- 所述温度控制系统还包括温度控制装置，所述温度控制装置包括温度控制箱（66），所述温度控制箱（66）内置有加热孔（72），带引线（74）的加热棒（73）放置在加热孔（72）中，温度控制箱（66）的炉膛体积为测试试样的1.5倍至2.5倍之间，温度控制箱的六个面预留方孔，六个面上方孔的尺寸与霍普金森杆的方形杆的尺寸一致，温度控制箱设计为对称的四部分。
- [权利要求 2] 根据权利要求1所述的一种真三轴动静组合加载霍普金森压杆的温度控制系统，其特征在于：凸台距离方形杆端部为杆长的3%至7%处。
- [权利要求 3] 根据权利要求1所述的一种真三轴动静组合加载霍普金森压杆的温度控制系统，其特征在于：凸台的长度为方形杆长度的1.5%至4%。
- [权利要求 4] 根据权利要求1所述的一种真三轴动静组合加载霍普金森压杆的温度控制系统，其特征在于：凸台的直径为方形杆横截面边长的1.5至2.5倍。
- [权利要求 5] 根据权利要求1至4任意一项的一种真三轴动静组合加载霍普金森压杆的温度控制系统进行温度控制的方法，其特征在于，包括如下步骤：

步骤1: 组装温度控制箱(66), 先将温度控制箱(66)的第一、第二两部分(67)、(68)连接起来, 然后将第三部分(69)装入, 随后将第一、第二两部分(67)、(68)和第三部分(69)连接起来, 再将温度控制箱第四部分(70)安装上去, 固定连接, 形成完整的温度控制装置;

步骤2: 安装垫块(75), 将设置在中心立方体方箱(63)内的垫块(75)进行组装, 将其放置在中心立方体方箱(63)底面正中央;

步骤3: 待所述步骤2安装后, 将步骤1所述温度控制箱(66)放置于所述步骤2的垫块(75)上表面中心位置, 使测试试样(64)位于温度控制箱(66)的正中间位置, 至此, 完成真三轴霍普金森压杆温度控制系统的安装步骤;

步骤4: 待上述步骤3完成后, 对测试试样(64)进行加热处理, 通过温度控制软件系统控制热电偶, 设置升温速率和温度范围, 然后通过智能温度控制传感器反馈实时温度到显示软件系统, 确保加热至预定温度, 随后使试样(64)保持恒温状态;

步骤5: 待上述步骤4完成后, 对测试试样(64)施加静态预应力, 静态预应力施加完成后, 对试样施加冲击荷载, 实现原位控制立方体试样温度和压力耦合加载下的真三轴动静组合加载试验研究。

[权利要求 6] 根据权利要求5所述的一种真三轴动静组合加载霍普金森压杆的温度控制方法, 其特征在于: 所述温度范围为常温至1000°C。

[权利要求 7] 根据权利要求6所述的一种真三轴动静组合加载霍普金森压杆的温度控制方法, 其特征在于: 所述温度范围为20°C-300°C。

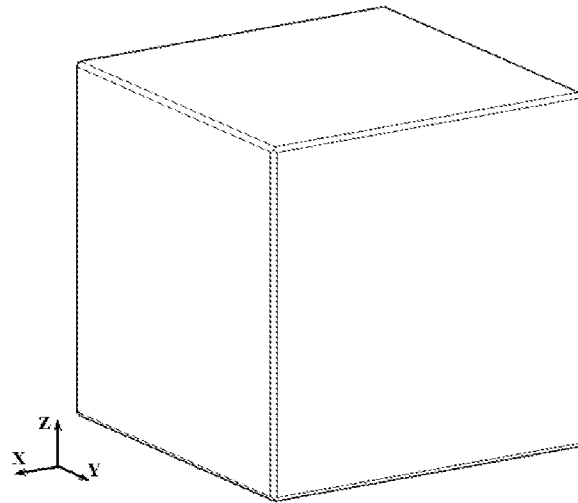


图 1

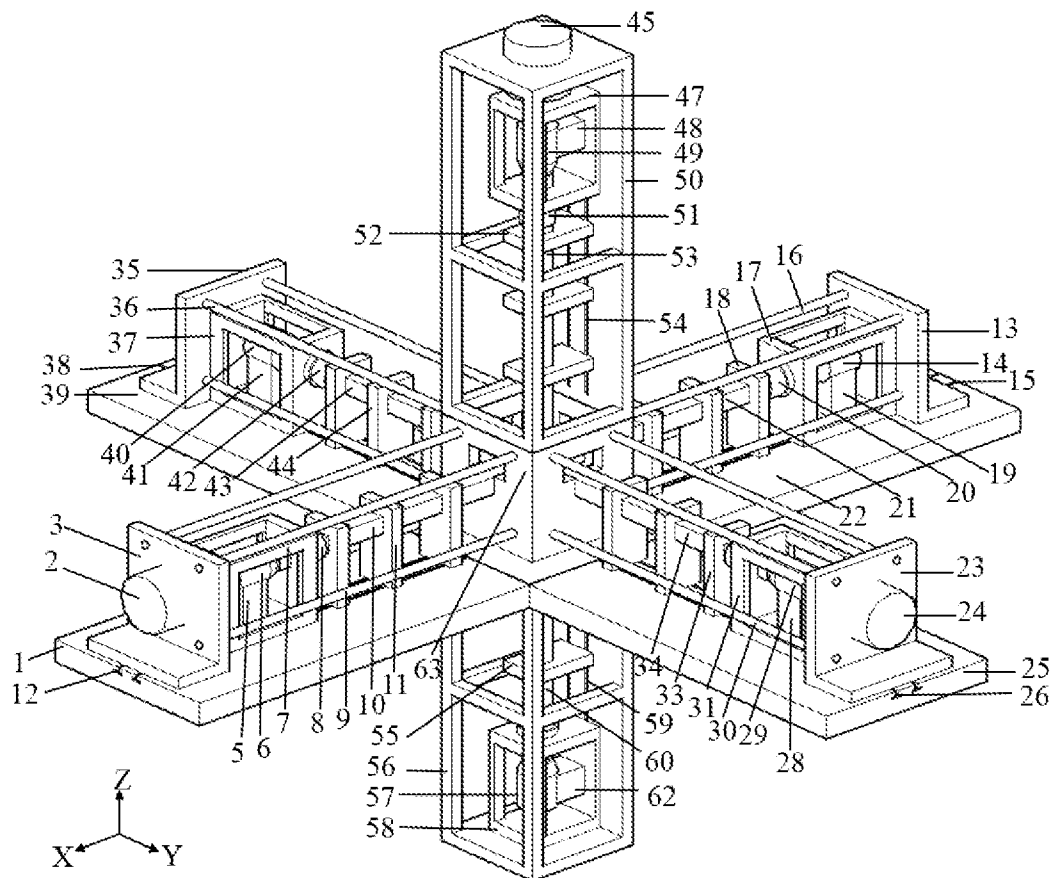


图 2

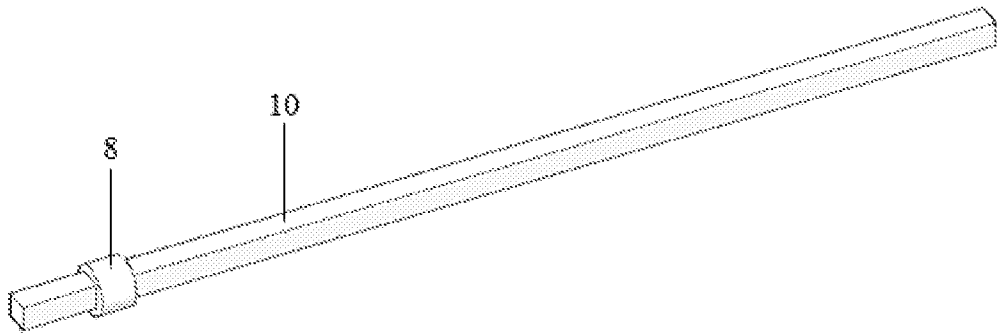


图 3

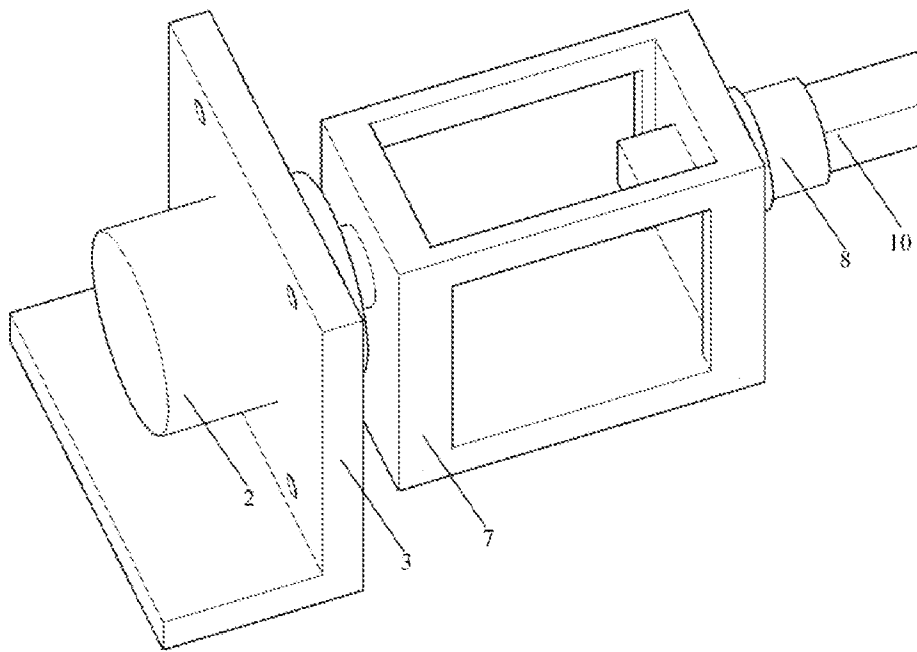


图 4

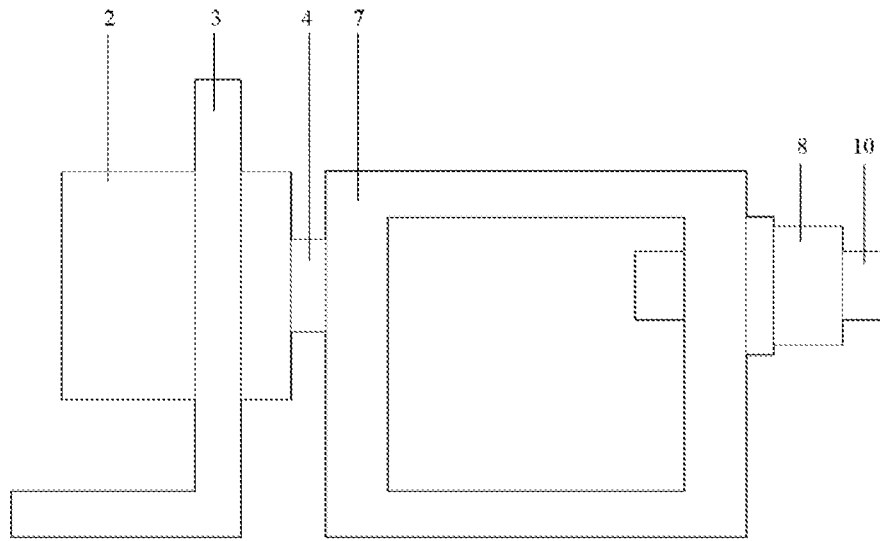


图 5

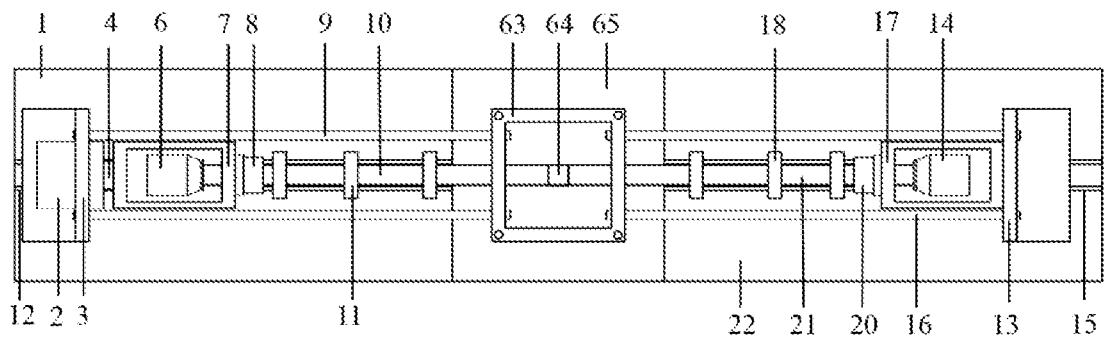


图 6



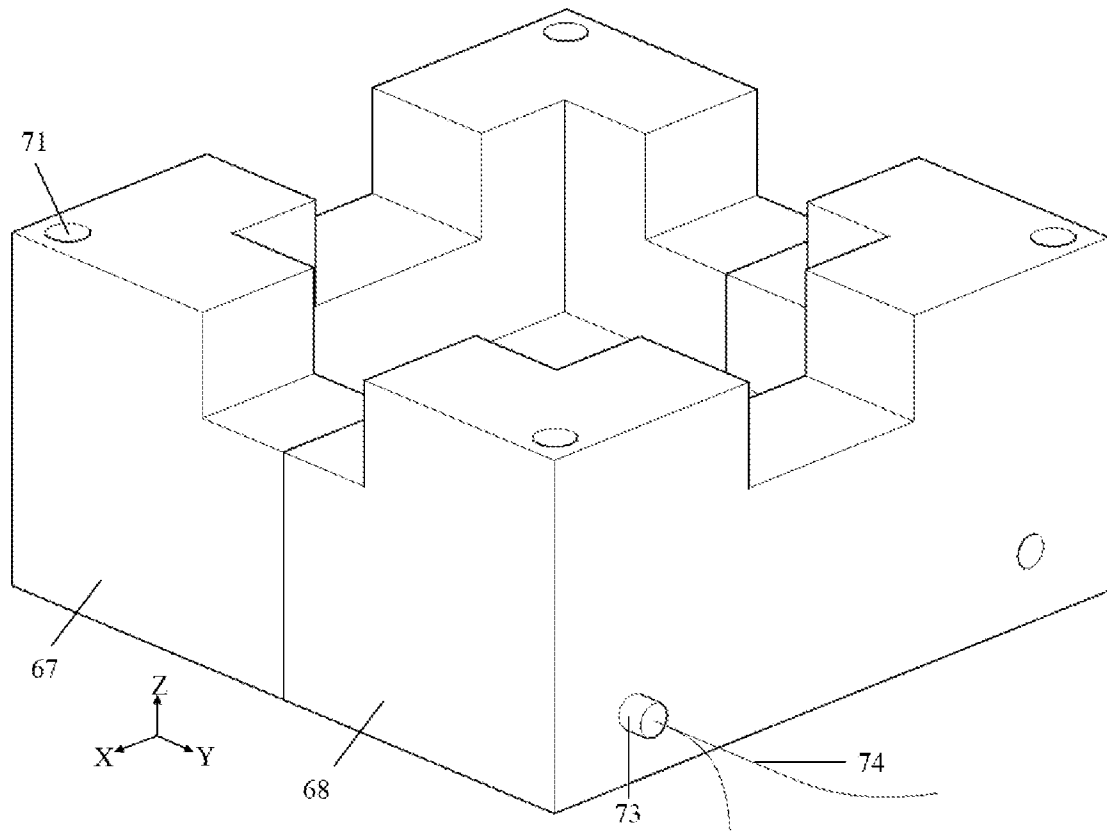


图 7

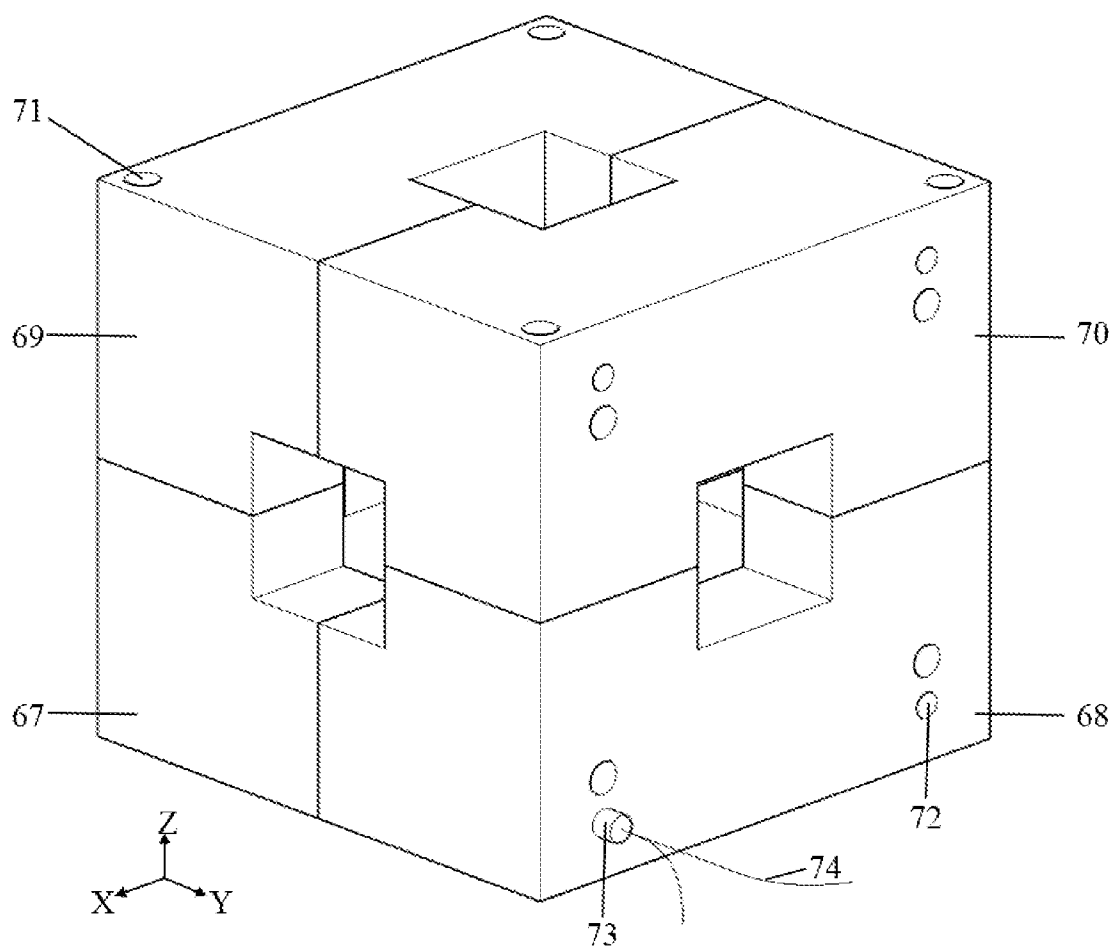


图 8

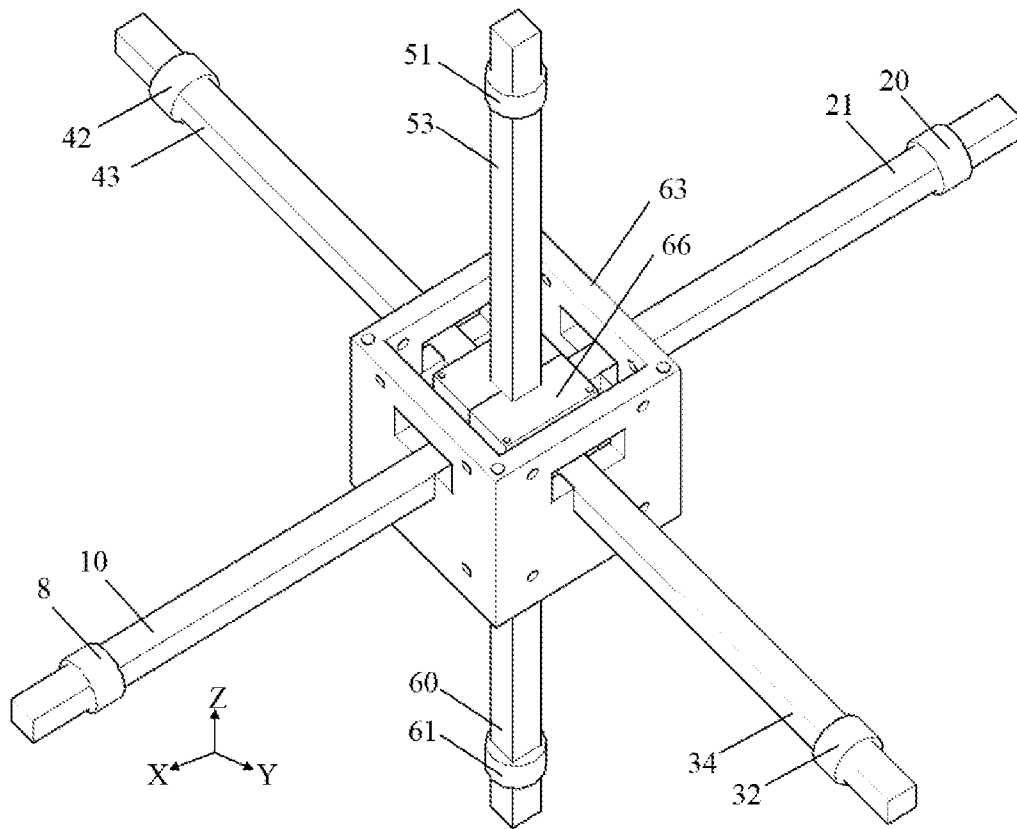


图 9

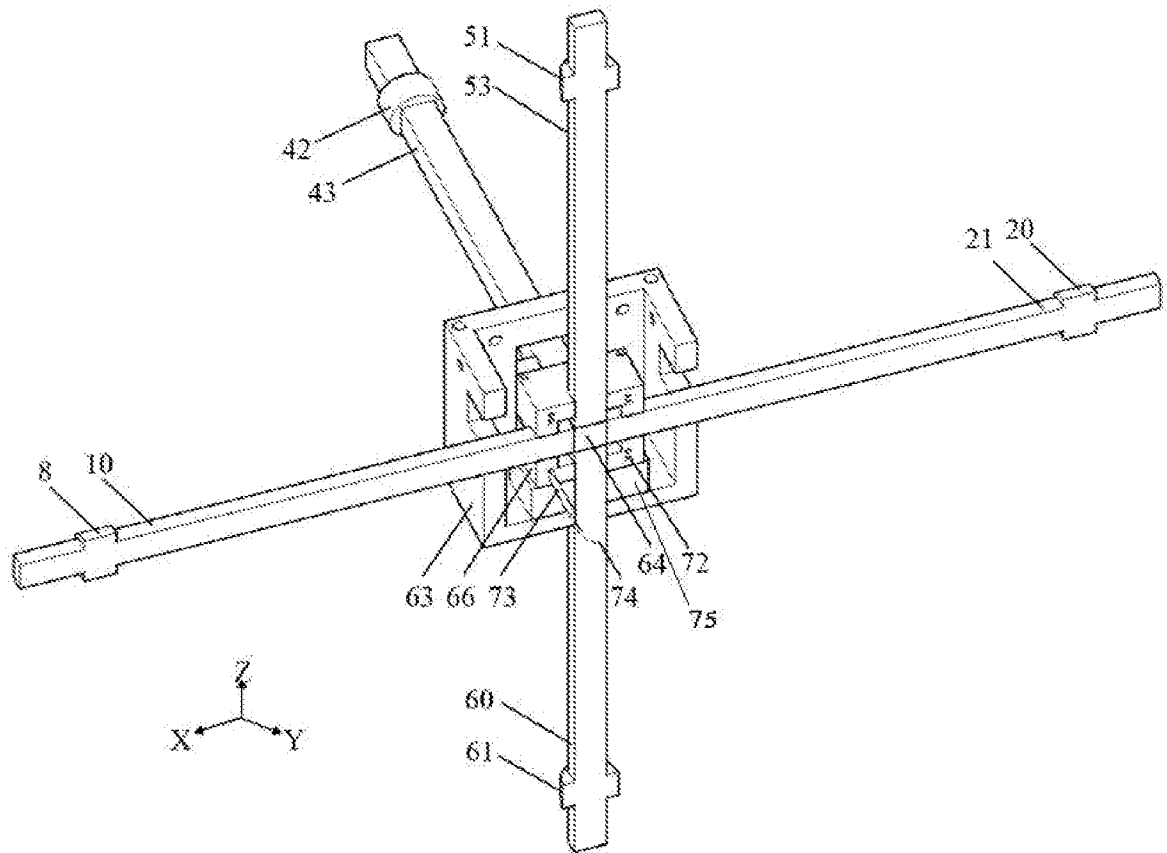


图 10

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/115478

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

G01N 3/02(2006.01)i; G01N 3/307(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)

CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC: 真三轴, 动静组合, 霍普金森, 压杆, 温度, 控制, 加热棒, 立方体, 六, 面, 方孔, 方杆, 方形杆, 静态, 预应力, 动态, 冲击, 载荷, hopkinson, pressure, bar, stick, rod, impact+, SHPB, tube, six, square, temperature, control, heat+

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                              | Relevant to claim No. |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| PX        | CN 109406311 A (SHENZHEN UNIVERSITY) 01 March 2019 (2019-03-01)<br>claims 1-7                                                                   | 1-7                   |
| A         | CN 104535409 A (CHINA UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGY) 22 April 2015 (2015-04-22)<br>description, paragraphs [0037]-[0057], and figures 1-7 | 1-7                   |
| A         | CN 205719826 U (UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA) 23 November 2016 (2016-11-23)<br>entire document                                 | 1-7                   |
| A         | CN 108152155 A (PETROCHINA COMPANY LIMITED) 12 June 2018 (2018-06-12)<br>entire document                                                        | 1-7                   |
| A         | CN 202101910 U (CHINA UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGY) 04 January 2012 (2012-01-04)<br>entire document                                      | 1-7                   |
| A         | CN 204405454 U (SHANDONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 17 June 2015 (2015-06-17)<br>entire document                                     | 1-7                   |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“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)

“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

“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

“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

“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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 January 2020

Date of mailing of the international search report

23 January 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/  
CN)  
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing  
100088  
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/115478

### C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | GB 2534679 A (ROLLS-ROYCE P.L.C.) 03 August 2016 (2016-08-03)<br>entire document   | 1-7                   |
| <hr/>     |                                                                                    |                       |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/CN2019/115478**

| Patent document<br>cited in search report |           |   | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s) |            |    | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|-----------|---|--------------------------------------|-------------------------|------------|----|--------------------------------------|
| CN                                        | 109406311 | A | 01 March 2019                        | None                    |            |    |                                      |
| CN                                        | 104535409 | A | 22 April 2015                        | WO                      | 2016110067 | A1 | 14 July 2016                         |
|                                           |           |   |                                      | CN                      | 104535409  | B  | 08 December 2017                     |
| CN                                        | 205719826 | U | 23 November 2016                     | None                    |            |    |                                      |
| CN                                        | 108152155 | A | 12 June 2018                         | None                    |            |    |                                      |
| CN                                        | 202101910 | U | 04 January 2012                      | None                    |            |    |                                      |
| CN                                        | 204405454 | U | 17 June 2015                         | None                    |            |    |                                      |
| GB                                        | 2534679   | A | 03 August 2016                       | US                      | 2016178496 | A1 | 23 June 2016                         |
|                                           |           |   |                                      | US                      | 9778157    | B2 | 03 October 2017                      |
|                                           |           |   |                                      | GB                      | 2534679    | B  | 18 January 2017                      |

## 国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/115478

| <b>A. 主题的分类</b><br>G01N 3/02 (2006.01) i; G01N 3/307 (2006.01) i<br><br>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>B. 检索领域</b><br>检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)<br>G01N<br><br>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献<br><br>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))<br>CNKI, CNPAT, WPI, EPDOC: 真三轴, 动静组合, 霍普金森, 压杆, 温度, 控制, 加热棒, 立方体, 六, 面, 方孔, 方杆, 方形杆, 静态, 预应力, 动态, 冲击, 载荷, hopkinson, pressure, bar, stick, rod, impact+, SHPB, tube, six, square, temperature, control, heat+                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                     |         |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                     |         |    |                                                               |     |   |                                                                                    |     |   |                                                                |     |   |                                                                    |     |   |                                                            |     |   |                                                             |     |   |                                                                        |     |
| <b>C. 相关文件</b> <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 109406311 A (深圳大学) 2019年 3月 1日 (2019 - 03 - 01)<br/>权利要求1-7</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104535409 A (中国矿业大学) 2015年 4月 22日 (2015 - 04 - 22)<br/>说明书第[0037]-[0057]段, 附图1-7</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 205719826 U (中国科学技术大学) 2016年 11月 23日 (2016 - 11 - 23)<br/>全文</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 108152155 A (中国石油天然气股份有限公司) 2018年 6月 12日 (2018 - 06 - 12)<br/>全文</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 202101910 U (中国矿业大学) 2012年 1月 4日 (2012 - 01 - 04)<br/>全文</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 204405454 U (山东科技大学) 2015年 6月 17日 (2015 - 06 - 17)<br/>全文</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>GB 2534679 A (ROLLS-ROYCE P. L. C.) 2016年 8月 3日 (2016 - 08 - 03)<br/>全文</td> <td>1-7</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 109406311 A (深圳大学) 2019年 3月 1日 (2019 - 03 - 01)<br>权利要求1-7 | 1-7 | A | CN 104535409 A (中国矿业大学) 2015年 4月 22日 (2015 - 04 - 22)<br>说明书第[0037]-[0057]段, 附图1-7 | 1-7 | A | CN 205719826 U (中国科学技术大学) 2016年 11月 23日 (2016 - 11 - 23)<br>全文 | 1-7 | A | CN 108152155 A (中国石油天然气股份有限公司) 2018年 6月 12日 (2018 - 06 - 12)<br>全文 | 1-7 | A | CN 202101910 U (中国矿业大学) 2012年 1月 4日 (2012 - 01 - 04)<br>全文 | 1-7 | A | CN 204405454 U (山东科技大学) 2015年 6月 17日 (2015 - 06 - 17)<br>全文 | 1-7 | A | GB 2534679 A (ROLLS-ROYCE P. L. C.) 2016年 8月 3日 (2016 - 08 - 03)<br>全文 | 1-7 |
| 类 型*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 引用文件, 必要时, 指明相关段落                                                                                                                                                                   | 相关的权利要求 |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                     |         |    |                                                               |     |   |                                                                                    |     |   |                                                                |     |   |                                                                    |     |   |                                                            |     |   |                                                             |     |   |                                                                        |     |
| PX                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | CN 109406311 A (深圳大学) 2019年 3月 1日 (2019 - 03 - 01)<br>权利要求1-7                                                                                                                       | 1-7     |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                     |         |    |                                                               |     |   |                                                                                    |     |   |                                                                |     |   |                                                                    |     |   |                                                            |     |   |                                                             |     |   |                                                                        |     |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | CN 104535409 A (中国矿业大学) 2015年 4月 22日 (2015 - 04 - 22)<br>说明书第[0037]-[0057]段, 附图1-7                                                                                                  | 1-7     |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                     |         |    |                                                               |     |   |                                                                                    |     |   |                                                                |     |   |                                                                    |     |   |                                                            |     |   |                                                             |     |   |                                                                        |     |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | CN 205719826 U (中国科学技术大学) 2016年 11月 23日 (2016 - 11 - 23)<br>全文                                                                                                                      | 1-7     |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                     |         |    |                                                               |     |   |                                                                                    |     |   |                                                                |     |   |                                                                    |     |   |                                                            |     |   |                                                             |     |   |                                                                        |     |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | CN 108152155 A (中国石油天然气股份有限公司) 2018年 6月 12日 (2018 - 06 - 12)<br>全文                                                                                                                  | 1-7     |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                     |         |    |                                                               |     |   |                                                                                    |     |   |                                                                |     |   |                                                                    |     |   |                                                            |     |   |                                                             |     |   |                                                                        |     |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | CN 202101910 U (中国矿业大学) 2012年 1月 4日 (2012 - 01 - 04)<br>全文                                                                                                                          | 1-7     |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                     |         |    |                                                               |     |   |                                                                                    |     |   |                                                                |     |   |                                                                    |     |   |                                                            |     |   |                                                             |     |   |                                                                        |     |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | CN 204405454 U (山东科技大学) 2015年 6月 17日 (2015 - 06 - 17)<br>全文                                                                                                                         | 1-7     |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                     |         |    |                                                               |     |   |                                                                                    |     |   |                                                                |     |   |                                                                    |     |   |                                                            |     |   |                                                             |     |   |                                                                        |     |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | GB 2534679 A (ROLLS-ROYCE P. L. C.) 2016年 8月 3日 (2016 - 08 - 03)<br>全文                                                                                                              | 1-7     |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                     |         |    |                                                               |     |   |                                                                                    |     |   |                                                                |     |   |                                                                    |     |   |                                                            |     |   |                                                             |     |   |                                                                        |     |
| <input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                     |         |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                     |         |    |                                                               |     |   |                                                                                    |     |   |                                                                |     |   |                                                                    |     |   |                                                            |     |   |                                                             |     |   |                                                                        |     |
| <table border="0"> <tr> <td>           * 引用文件的具体类型:<br/>           “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件<br/>           “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利<br/>           “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)<br/>           “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件<br/>           “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         </td> <td>           “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<br/>           “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<br/>           “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<br/>           “&amp;” 同族专利的文件         </td> </tr> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                     |         | * 引用文件的具体类型:<br>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件<br>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利<br>“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)<br>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件<br>“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<br>“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<br>“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<br>“&” 同族专利的文件 |         |    |                                                               |     |   |                                                                                    |     |   |                                                                |     |   |                                                                    |     |   |                                                            |     |   |                                                             |     |   |                                                                        |     |
| * 引用文件的具体类型:<br>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件<br>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利<br>“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)<br>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件<br>“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<br>“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<br>“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<br>“&” 同族专利的文件 |         |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                     |         |    |                                                               |     |   |                                                                                    |     |   |                                                                |     |   |                                                                    |     |   |                                                            |     |   |                                                             |     |   |                                                                        |     |
| 国际检索实际完成的日期                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 国际检索报告邮寄日期                                                                                                                                                                          |         |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                     |         |    |                                                               |     |   |                                                                                    |     |   |                                                                |     |   |                                                                    |     |   |                                                            |     |   |                                                             |     |   |                                                                        |     |
| 2020年 1月 16日                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 2020年 1月 23日                                                                                                                                                                        |         |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                     |         |    |                                                               |     |   |                                                                                    |     |   |                                                                |     |   |                                                                    |     |   |                                                            |     |   |                                                             |     |   |                                                                        |     |
| ISA/CN的名称和邮寄地址                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 受权官员                                                                                                                                                                                |         |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                     |         |    |                                                               |     |   |                                                                                    |     |   |                                                                |     |   |                                                                    |     |   |                                                            |     |   |                                                             |     |   |                                                                        |     |
| 中国国家知识产权局 (ISA/CN)<br>中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 郭欣悦                                                                                                                                                                                 |         |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                     |         |    |                                                               |     |   |                                                                                    |     |   |                                                                |     |   |                                                                    |     |   |                                                            |     |   |                                                             |     |   |                                                                        |     |
| 传真号 (86-10)62019451                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 电话号码 86-(10)-53962471                                                                                                                                                               |         |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                     |         |    |                                                               |     |   |                                                                                    |     |   |                                                                |     |   |                                                                    |     |   |                                                            |     |   |                                                             |     |   |                                                                        |     |



国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/115478

| 检索报告引用的专利文件 |           |   | 公布日<br>(年/月/日) | 同族专利 |            |    | 公布日<br>(年/月/日) |
|-------------|-----------|---|----------------|------|------------|----|----------------|
| CN          | 109406311 | A | 2019年 3月 1日    | 无    |            |    |                |
| CN          | 104535409 | A | 2015年 4月 22日   | WO   | 2016110067 | A1 | 2016年 7月 14日   |
|             |           |   |                | CN   | 104535409  | B  | 2017年 12月 8日   |
| CN          | 205719826 | U | 2016年 11月 23日  | 无    |            |    |                |
| CN          | 108152155 | A | 2018年 6月 12日   | 无    |            |    |                |
| CN          | 202101910 | U | 2012年 1月 4日    | 无    |            |    |                |
| CN          | 204405454 | U | 2015年 6月 17日   | 无    |            |    |                |
| GB          | 2534679   | A | 2016年 8月 3日    | US   | 2016178496 | A1 | 2016年 6月 23日   |
|             |           |   |                | US   | 9778157    | B2 | 2017年 10月 3日   |
|             |           |   |                | GB   | 2534679    | B  | 2017年 1月 18日   |