

(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 12 月 30 日 (30.12.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/258367 A1

(51) 国际专利分类号:
G01N 1/08 (2006.01) *G01N 1/04* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/094895

(22) 国际申请日: 2019 年 7 月 5 日 (05.07.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910569506.7 2019年6月27日 (27.06.2019) 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 518060 (CN)。 四川大学(SICHUAN UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国四川省成都市武侯区四川大学望江校区水利水电学院, Sichuan 610065 (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 518060 (CN)。 高明忠(GAO, Mingzhong); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。 陈领(CHEN, Ling); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。 张国庆(ZHANG, Guoqing); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。 李佳楠(LI, Jianan); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。 朱建波(ZHU, Jianbo); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。 李存宝(LI, Cunbao); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市君胜知识产权代理事务所(普通合伙)(JOHNSON INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY (SHENZHEN)); 中国广东省深圳市南山区粤海街道高新区社区高新南七

(54) Title: MULTI-STAGE LARGE-DEPTH DRILLING SYSTEM AND METHOD FOR MOON-BASED FIDELITY CORING

(54) 发明名称: 一种月基保真取芯多级大深度钻进系统与方法

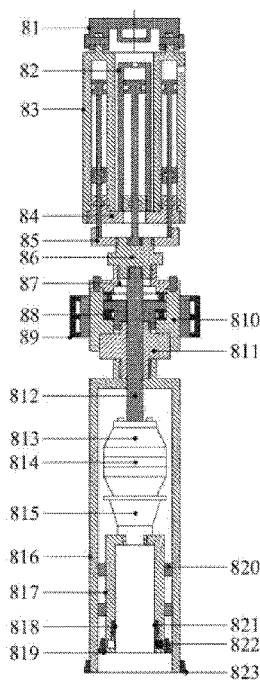


图 1

(57) Abstract: A multi-stage large-depth drilling system and method for moon-based fidelity coring. Said system comprises: a rotary disc (9) provided inside a launcher (1), a fidelity coring tool (8) provided on the surface of the rotary disc (9), a space bracket (7) provided on the surface of the rotary disc (9), a working platform (5) provided on the top of the space bracket (7), a mechanical arm (6) provided on the bottom surface of the working platform (5), and a camera (10) provided on the bottom surface of the working platform (5), and the camera (10) is fixedly connected to the working platform (5). By controlling the mechanical arm (6) to place the fidelity coring tool (8) on the surface of the moon, and using the fidelity coring tool (8) to sample the soil and rock on the surface of the moon, the coring operation problem of the lunar soil is solved, the operations of collection, excavation and transportation of the lunar soil in a fidelity state are achieved, and the sampling amount for coring of the lunar soil is increased.

(57) 摘要: 一种月基保真取芯多级大深度钻进系统与方法, 系统包括: 设置在登入器(1)内部的转盘(9)、设置在转盘(9)的表面的保真取芯工具(8)、设置在转盘(9)的表面的空间支架(7)、设置在空间支架(7)的顶部的工作平台(5)、设置在工作平台(5)的底面的机械手臂(6)以及设置在工作平台(5)的底面的摄像头(10), 机械手臂(6)与工作平台(5)固定连接, 摄像头(10)与工作平台(5)固定连接; 通过控制机械手臂(6)将保真取芯工具(8)放置在月球的表面, 并利用保真取芯工具(8)对月球表面的土壤、岩石进行采样, 解决了对月球土壤的取芯作业问题, 实现了保真状态下对月球土壤的采集、开挖和输送作业, 同时增大了月球土壤取芯的采样量。

道 20 号 深 圳 国 家 工 程 实 验 室 大 楼 A503,
Guangdong 518000 (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))。

一种月基保真取芯多级大深度钻进系统及方法

技术领域

本发明涉及月球探测应用技术领域，更具体地说，它涉及一种月基保真取芯多级大深度钻进系统及方法。

背景技术

深空探测是未来发展的必然方向，而月球是距离人类最近的天体，月球上富含铁、钛、铀等矿物资源，而且还有著名的氦-3 气体能源，月球表面样品的价值可以称得上是价值连城；因此，月球钻探对于人类研究月球表面的物质组成、月球起源、地球气候和水域潮汐现象、未来资源等问题具有重大战略意义。

与常规陆上钻探活动不同的是，月球钻探活动会面临诸多挑战，由于受到月球表面高真空、强辐射、昼夜温差大等复杂环境以及月壤高吸附性和摩擦性的影响，月壤的采集、开挖和输送工作，都面临巨大挑战，尤其是在保真状态（使样品保持原有状态）下实现探钻操作更是难上加难。

因此，现有技术还有待改进与发展。

发明内容

本发明的目的是提供一种月基保真取芯多级大深度钻进系统及方法，旨在解决对月球土壤的取芯作业问题，实现保真状态下对月球土壤的采集、开挖和输送作业，同时增大月球土壤取芯的采样量。

本发明的上述技术目的是通过以下技术方案得以实现的：

本发明提供一种月基保真取芯多级大深度钻进系统，其中，包括：设置在登入器内部且与所述登入器转动连接的转盘、设置在所述转盘的表面且用于对月球土壤进行采样的保真取芯工具、设置在所述转盘的表面且与所述转盘固定连接的空间支架、设置在所述空间支架的顶部且与所述空间支架转动连接的工作平台、设置在所述工作平台的底面且用于抓取所述保真取芯工具的机械手臂以及设置在所述工作平台的底面且用于观测月球表面的摄像头；所述机械手臂与所述工作平台固定连接，所述摄像头与所述工作平台固定连接。

进一步地，所述机械手臂为多自由度式机械手臂，所述机械手臂的尾部设置有用检测所述月球土壤表面硬度的硬度传感器，所述硬度传感器与所述机械手臂固定连接。

进一步地，所述保真取芯工具包括工具本体、多级重叠式液压缸机构、电机驱动机构、超声激震动力机构、外部探钻机构以及内部探钻机构；

所述多级重叠式液压缸机构与所述工具本体固定连接；所述电机驱动机构与所述多级重叠式液压缸机构固定连接；所述超声激震动力机构与所述多级重叠式液压缸机构固定连接；所述外部探钻机构与所述电机驱动机构固定连接；所述内部探钻机构与所述超声激震动力机构固定连接。

进一步地，所述多级重叠式液压缸机构包括中空伺服缸、气动伺服缸、连接壳体以及钻探压力传感器；

所述中空伺服缸设置在所述气动伺服缸的两侧，且所述中空伺服缸与所述工具本体固定连接；所述气动伺服缸的底部与所述中空伺服缸的底座固定连接；所述连接壳体与所述中空伺服缸的推杆固定连接；所述钻探压力传感器与所述连接壳体固定连接。

进一步地，所述电机驱动机构包括驱动外壳、中空定子、中空转子以及推力轴承组；

所述驱动外壳与所述钻探压力传感器固定连接；所述中空定子与所述驱动外壳固定连接；所述推力轴承组与所述中空定子固定连接；所述中空转子与所述推力轴承组固定连接。

进一步地，所述超声激震动力机构包括连接杆、上盖板、压电陶瓷、下盖板以及变幅杆；

所述连接杆穿过所述中空转子和所述连接壳体的中心，且所述连接杆的顶部与所述气动伺服缸的推杆固定连接；所述上盖板与所述连接杆固定连接，所述压电陶瓷与所述上盖板固定连接，所述下盖板与所述压电陶瓷固定连接；所述变幅杆与所述下盖板固定连接。

进一步地，所述外部探钻机构包括外钻壳体和外部钻头；

所述外钻壳体的顶部与所述中空转子固定连接；所述外部钻头设置在所述外钻壳体的底部，且所述外部钻头与所述外钻壳体固定连接。

进一步地，所述内部探钻机构包括内钻壳体、内部钻头、卡爪以及密封气囊；

所述内钻壳体与所述变幅杆固定连接；所述内部钻头设置在所述内钻壳体的底部，且所述内部钻头与所述内钻壳体固定连接；所述卡爪设置在所述内钻壳体内壁，且所述卡爪与所述内钻壳体转动连接；所述密封气囊设置在所述卡爪的外侧，且所述密封气囊与所述内钻壳体固定连接。

进一步地，所述内钻壳体与所述外钻壳体之间设置有导向支撑结构，所述导向支撑结构与所述内钻壳体固定连接，且所述导向支撑结构与所述外钻壳体滑动连接。

本发明还提供一种月基保真取芯多级大深度钻进方法，其中，包括以下步骤：

当登入器接收到发射基地发送的钻探信号时，控制机械手臂从转盘上抓取保真取芯工具，并将所述保真取芯工具放置在月球表面；

当所述机械手臂将所述保真取芯工具放置在所述月球表面时，获取硬度传感器输出的信号，并根据所述信号判断所述月球表面的土壤硬度是否符合采样标准；

当所述月球表面的土壤硬度符合采样标准时，控制所述保真取芯工具中的电机驱动机构进行运转，利用所述电机驱动机构带动外部探钻机构对所述月球表面的土壤进行钻探；

当所述外部探钻机构在钻探过程中遇到硬质岩层时，控制所述保真取芯工具中的超声激震动力机构进行激震，利用所述超声激震动力机构带动内部探钻机构对所述硬质岩层进行取芯；

当所述内部探钻机构完成取芯时，将所述月球表面的土壤样品保存在所述保真取芯工具中，并控制所述登入器的绳索装置取回所述保真取芯工具，将所述保真取芯工具放回所述转盘上。

本发明所采用的技术方案具有以下有益效果：

本发明通过在登入器的内部设置转盘、保真取芯工具、空间支架、工作平台、机械手臂以及摄像头，控制机械手臂将保真取芯工具放置在月球的表面，并利用所述保真取芯工具对月球表面的土壤、岩石等进行采样，解决了对月球土壤的取芯作业问题，实现了保真状态下对月球土壤的采集、开挖和输送作业，同时增大了月球土壤取芯的采样量。

附图说明

图 1 是本发明较佳实施例中登入器 1 的结构示意图。

图 2 是图 1 中月基保真取芯多级大深度钻进系统 2 的结构示意图。

图 3 是图 2 中转盘 9 的俯视图。

图 4 是图 2 中保真取芯工具 8 的剖面视图。

图 5 是本发明较佳实施例中月基保真取芯多级大深度钻进方法的流程图。

图中：1、登入器；2、月基保真取芯多级大深度钻进系统；3、支架底座；4、取芯通道；5、工作平台；6、机械手臂；7、空间支架；8、保真取芯工具；9、转盘；10、摄像头；11、硬度传感器；81、悬挂接头；82、气动伺服缸；83、中空伺服缸；84、伺服缸底座；85、连接壳体；86、压力传感器；87、驱动外壳；88、推力轴承组；89、滑动支撑结构；810、中空定子；811、中空转子；812、连接杆；813、上盖板；814、压电陶瓷；815、变幅杆；816、外钻壳体；817、内钻壳体；818、下盖板；819、内部钻头；820、导向支撑结构；821、卡爪；822、密封气囊；823、外部钻头。

具体实施方式

以下结合附图对本发明作进一步详细说明。

本具体实施例仅仅是对本发明的解释，其并不是对本发明的限制，本领域技术人员在阅读完本说明书后可以根据需要对本实施例做出没有创造性贡献的修改，但只要在本发明的权利要求范围内都受到专利法的保护。

实施例一：

如图 1 所示，图 1 为本实施例中登入器 1 的结构示意图。

在本实施例中，当所述登入器 1 登入月球表面时，所述登入器 1 通过底部的支架底座 3 进行支撑；当需要对月球表面土壤进行开挖时，所述登入器 1 通过底部的取芯通道 4 进行探测；在所述登入器 1 上设置有信号接收模块和控制指令模块，所述信号接收模块用于接收发射基地发送的信号，并将所述信号转换为数字控制程序；转换后的数字控制程序由所述控制指令模块输出控制指令，控制所述登入器 1 内部的月基保真取芯多级大深度钻进系统 2 进行工作。

如图 2 和图 3 所示，本实施例提供的月基保真取芯多级大深度钻进系统 2，

包括转盘 9、保真取芯工具 8、空间支架 7、工作平台 5、机械手臂 6 以及摄像头 10。

在本实施例中，所述转盘 9 设置在所述登入器 1 的内部，且所述转盘 9 与所述登入器 1 转动连接；当需要转动所述转盘 9 时，可通过所述转盘 9 底部的电机驱动所述转盘 9 旋转到指定位置；所述保真取芯工具 8 的数量优选为 8 个，8 个所述保真取芯工具 8 沿所述转盘 9 的圆周均匀地排布，且每个保真取芯工具 8 均通过气动夹持手固定在所述转盘 9 的表面；当需要使用所述保真取芯工具 8 时，控制所述气动夹持手松开，通过所述机械手臂 6 夹取所述保真取芯工具 8。

所述空间支架 7 设置在所述转盘 9 的表面，且所述空间支架 7 与所述转盘 9 固定连接；所述工作平台 5 设置在所述空间支架 7 的顶部，且所述工作平台 5 与所述空间支架 7 转动连接；当需要改变所述工作平台 5 的方位时，可通过所述工作平台 5 两端的电机进行驱动，使所述工作平台 5 在所述空间支架 7 上绕所述工作平台 5 所在的中心轴旋转。

所述机械手臂 6 设置在所述工作平台 5 的底面，且所述机械手臂 6 与所述工作平台 5 固定连接；优选地，在本实施例中，所述机械手臂 6 为多自由度式机械手臂，可用于夹持所述保真取芯工具 8，并将所述保真取芯工具 8 夹持至所述登入器 1 底部的取芯通道 4 内，使所述保真取芯工具 8 沿所述取芯通道 4 放置月球表面；所述摄像头 10 设置在所述工作平台 5 的底面，且所述摄像头 10 与所述工作平台 5 固定连接；所述摄像头 10 可用于观测所述月基保真取芯多级大深度钻进系统 2 内部的工作状态，以保证其工作的可靠性；同时，所述摄像头 10 还可用于观测月球表面并寻找合适的采样点。

在本实施例中，优选地，所述机械手臂 6 的数量为 2 个；每个所述机械手臂 6 的末端均设置有硬度传感器 11，所述硬度传感器 11 与所述机械手臂 6 固定连接；所述硬度传感器 11 可用于检测月球土壤表面的硬度，当所述机械手臂 6 夹持所述保真取芯工具 8 放置在月球表面时，通过所述硬度传感器 11 输出的信号判断月球表面土壤的硬度。

在本实施例中，所述月基保真取芯多级大深度钻进系统 2 的工作原理如下：

所述登入器 1 登入月球后，所述支架底座 3 将所述登入器 1 固定在月球的表面，由发射基地发送指令控制所述登入器 1 运行所述月基保真取芯多级大深度钻

进系统 2；当接收到钻进采样指令时，所述机械手臂 6 从所述转盘 9 上抓取一个保真取芯工具 8，并通过取芯通道 4 将所述保真取芯工具 8 放置在月球的表面；同时，通过所述硬度传感器 11 输出的信号判断月球表面土壤的硬度，选择合适的采样点后开始进行钻进采样。

进一步地，如图 4 所示，所述保真取芯工具 8 包括工具本体（未标注）、多级重叠式液压缸机构（未标注）、电机驱动机构（未标注）、超声激震动力机构（未标注）、外部探钻机构（未标注）以及内部探钻机构（未标注）；其中，所述多级重叠式液压缸机构与所述工具本体固定连接；所述电机驱动机构与所述多级重叠式液压缸机构固定连接；所述超声激震动力机构与所述多级重叠式液压缸机构固定连接；所述外部探钻机构与所述电机驱动机构固定连接；所述内部探钻机构与所述超声激震动力机构固定连接。

在本实施例中，所述多级重叠式液压缸机构用于驱动所述外部探钻机构和所述内部探钻机构向下钻探，以使所述外部探钻机构和所述内部探钻机构能够下到指定的深度；在所述多级重叠式液压缸机构驱动所述外部探钻机构向下钻探的同时，通过所述电机驱动机构驱动所述外部探钻机构进行旋转，以保证所述外部探钻机构可以顺利地开挖；在所述多级重叠式液压缸机构驱动所述内部探钻机构向下钻探的同时，若遇到硬质岩石层，通过所述超声激震动力机构对所述内部探钻机构产生振动切削，以助于完成硬质岩石层的取芯工作。

进一步地，如图 4 所示，所述多级重叠式液压缸机构包括中空伺服缸 83、气动伺服缸 82、连接壳体 85 以及钻探压力传感器 86。

在本实施例中，所述中空伺服缸 83 的数量为 2 个，2 个所述中空伺服缸 83 分别设置在所述气动伺服缸 82 的两侧位置，且 2 个所述中空伺服缸 83 分别与所述工具本体通过销钉或者螺钉固定连接；在每一个所述中空伺服缸 83 的底部均设置有伺服缸底座 84；所述气动伺服缸 82 的一端与其中一个伺服缸底座 84 固定连接，所述气动伺服缸 82 的另一端与其中另一个伺服缸底座 84 固定连接。

在本实施例中，在 2 个所述中空伺服缸 83 当中，其中一个所述中空伺服缸 83 的推杆固定在所述连接壳体 85 的一端，另一个所述中空伺服缸 83 的推杆固定在所述连接壳体 85 的另一端；在所述连接壳体 85 的底部设置有所述钻探压力传感器 86，所述钻探压力传感器 86 与所述连接壳体 85 固定连接。

所述中空伺服缸 83 用于推动与之连接的电机驱动机构，从而带动所述电机驱动机构下方的外部探钻机构向下钻探；在所述中空伺服缸 83 工作的过程中，给予外部探钻机构一个向下的压力，以使所述外部探钻机构可以深入到月球土壤内部；所述气动伺服缸 82 则用于推动与之连接的超声激震动力机构向下钻探；在所述气动伺服缸 82 工作的过程中，若遇到硬质岩石层，通过所述超声激震动力机构对所述内部探钻机构产生振动切削，以助于完成硬质岩石层的取芯工作；所述钻探压力传感器 86 则用于感应钻探过程中的压力大小，从而根据压力大小调节所述中空伺服缸 83 和所述气动伺服缸 82 的下压的压力。

进一步地，所述电机驱动机构包括驱动外壳 87、中空定子 810、中空转子 811 以及推力轴承组 88；其中，所述驱动外壳 87 承接所述钻探压力传感器 86，并与所述钻探压力传感器 86 固定连接；所述中空定子 810 与所述驱动外壳 87 固定连接；所述推力轴承组 88 与所述中空定子 810 固定连接；所述中空转子 811 与所述推力轴承组 88 固定连接。

在本实施例中，所述电机驱动机构用于驱动下方的所述外部探钻机构进行转动，通过所述中空转子 811 带动所述外部探钻机构中的外钻壳体 816 进行转动，从而带动所述外钻壳体 816 下方的外部钻头 823 进行开采；所述推力轴承组 88 固定在所述中空定子 810 内，所述中空转子 811 则装配在所述推力轴承组 88 上。

进一步地，为了保证所述保真取芯工具 8 在所述取芯通道 4 内运行的稳定性，在所述驱动外壳 87 的表面设置有滑动支撑结构 89；所述滑动支撑结构 89 与所述驱动外壳 87 固定连接；当所述机械手臂 6 将所述保真取芯工具 8 放入所述取芯通道 4 时，所述滑动支撑结构 89 进行张开，并与所述取芯通道 4 的内壁胀紧接触，从而将所述保真取芯工具 8 固定在所述取芯通道 4 的孔壁上；同时，所述保真取芯工具 8 的工具本体可沿着所述滑动支撑结构 89 的内壁进行一定行程的轴向移动；通过所述滑动支撑结构 89 的支撑作用，使得所述保真取芯工具 8 可以在所述取芯通道 4 内稳定地运行。

进一步地，所述超声激震动力机构包括连接杆 812、上盖板 813、压电陶瓷 814、下盖板 818 以及变幅杆 815；其中，所述连接杆 812 从所述中空转子 811 和所述连接壳体 85 的中心穿过，且所述连接杆 812 的顶部与所述气动伺服缸 82 的推杆固定连接；当所述连接杆 812 穿过所述中空转子 811 和所述连接壳体 85

的中心时，在所述中空转子 811 和所述连接壳体 85 的中心处均设置有对应的轴承；所述连接杆 812 的底部则与所述上盖板 813 固定连接；所述压电陶瓷 814 与所述上盖板 813 固定连接；所述下盖板 818 与所述压电陶瓷 814 固定连接；所述变幅杆 815 与所述下盖板 818 固定连接。

在本实施例中，所述连接杆 812 承接所述气动伺服缸 82 的推杆，将所述气动伺服缸 82 的钻压传递至所述变幅杆 815，使得所述变幅杆 815 可以带动下方的所述内部探钻机构向下钻探；当所述内部探钻机构向下钻探时，若遇到硬质岩石层，通过所述压电陶瓷 814 产生的激震，使得所述变幅杆 815 可以带动所述内部探钻机构向下切削，从而完成对硬质岩石层的采集工作。

进一步地，所述外部探钻机构包括外钻壳体 816 和外部钻头 823；其中，所述外钻壳体 816 的顶部承接所述中空转子 811，并与所述中空转子 811 固定连接；当所述中空转子 811 转动时，可带动所述外钻壳体 816 一起转动；所述外部钻头 823 设置在所述外钻壳体 816 的底部，且所述外部钻头 823 与所述外钻壳体 816 固定连接；当所述外钻壳体 816 转动时，通过所述外部钻头 823 的切削，可在月球表面钻出预定大小的钻洞。

进一步地，所述内部探钻机构包括内钻壳体 817、内部钻头 819、卡爪 821 以及密封气囊 822；所述内钻壳体 817 的顶部承接所述变幅杆 815，并与所述变幅杆 815 固定连接；在所述内钻壳体 817 的底部设置有内部钻头 819，所述内部钻头 819 与所述内钻壳体 817 固定连接；在所述内钻壳体 817 的内壁上则设置有卡爪 821，所述卡爪 821 与所述内钻壳体 817 转动连接；在所述卡爪 821 的外侧，即所述卡爪 821 与所述内钻壳体 817 的内壁之间设置有密封气囊 822，所述密封气囊 822 与所述内钻壳体 817 固定连接。

在本实施例中，当所述内部探钻机构向下钻探时，若遇到硬质岩石层，可通过控制所述超声激震动力机构产生震荡，从而带动所述内部钻头 819 向下切削，对所述硬质岩石层进行取芯；当所述内部探钻机构完成取芯工作时（即已经完成对硬质岩石的钻探），控制所述卡爪 821 卡断所述硬质岩石层的岩心；进而控制所述卡爪 821 外侧的所述密封气囊 822 进行膨胀，并填满所述内部探钻机构中的密封槽；由于，月球上的环境为近真空环境，而地球上的环境为高压环境，当所述保真取芯工具 8 被带回地球地面时，所述密封气囊 822 在地球大气压力的作用

下，可形成自密封的状态。

进一步地，在所述内钻壳体 817 与所述外钻壳体 816 之间设置有导向支撑结构 820，所述导向支撑结构 820 与所述内钻壳体 817 固定连接，且所述导向支撑结构 820 与所述外钻壳体 816 滑动连接；所述导向支撑结构 820 可用于对所述内钻壳体 817 起导向和支撑的作用；通过在所述内钻壳体 817 与所述外钻壳体 816 之间设置导向支撑结构 820，可保证所述内钻壳体 817 钻探的稳定性；在所述超声激震动力机构进行振动时，可降低所述内钻壳体 817 的横向振动。

进一步地，在所述工具本体的顶部设置有悬挂接头 81，所述悬挂接头 81 与所述中空伺服缸 83 固定连接；在所述保真取芯工具 8 的取芯工作结束后，通过所述月基保真取芯多级大深度钻进系统 2 中的绳索装置（未图示）取回所述保真取芯工具 8，所述绳索装置下降到所述取芯通道 4 中时，勾住所述悬挂接头 81，然后拉取所述保真取芯工具 8，将所述保真取芯工具 8 放回所述转盘 9 上。

在本实施例中，所述保真取芯工具 8 的工作原理如下：

当所述保真取芯工具 8 被放置在月球表面时，开始进行取样钻进工作；在进行取样钻进时，所述多级重叠式液压缸机构中的中空伺服缸 83 在气压的作用下，产生向下的推力，从而形成钻进所需要的钻压；所述钻压经过所述连接壳体 85 和所述压力传感器 86 向下传递，并由所述电机驱动机构传递至所述外钻壳体 816；在所述外钻壳体 816 的带动下，推动所述外部钻头 823 向下钻探；而与此同时，在所述保真取芯工具 8 自带动力电源的作用下，所述电机驱动机构开始工作，所述中空转子 811 围绕所述连接杆 812 作定轴转动，并将所述中空转子 811 所产生的扭矩传递给所述外钻壳体 816，在所述外钻壳体 816 的带动下，所述外部钻头 823 进行旋转动作；在所述中空伺服缸 83 以及所述中空转子 811 的作用下，所述外部钻头 823 进行旋转钻进的动作。

在所述保真取芯工具 8 钻探的过程中，若遇到硬质岩石层时，所述超声激震动力机构中的压电陶瓷 814 和变幅杆 815 等在电流的作用下产生超声激励振动，并将振动传递给所述内钻壳体 817，由所述内钻壳体 817 将振动传递至所述内部钻头 819 上；而与此同时，所述连接杆 812 承接所述气动伺服缸 82 的钻压，并将钻压传递给所述内部钻头 819，对硬质岩石层形成超声振动切削；通过所述超声激震动力机构的高速切削作用，提高取样的钻进效率。

当完成一个行程的取芯钻进后，控制收缩所述滑动支撑结构 89，然后进行下一个行程；当进行下一个行程时，再次张开所述滑动支撑结构 89，并与所述取芯通道的孔壁胀紧接触，开始新一轮的钻进动作，直至取芯完成。

当取芯完成后，控制所述卡爪 821 卡断硬质岩石层的岩心，与此同时，所述卡爪 821 外侧的所述密封气囊 822 进行膨胀，并填满所述内部探钻机构中的密封槽。

当取样工作完成后，月球土壤的样品被封存在所述保真取芯工具 8 中，并保持其原始的性能状态；与此同时，控制所述绳索装置下入到所述取芯通道 4 的内部，通过所述绳索装置勾住所述悬挂接头 81，并取回装满样品的所述保真取芯工具 8，将其放置在所述转盘 9 上；然后，控制所述工作平台 5 进行转动，同时移动所述机械手臂 6，抓取下一个所述保真取芯工具 8，并开始新一轮的取芯工作；在整个取芯的过程中，可通过所述摄像头 10 进行详细地观察，以保证所述保真取芯工具 8 的取芯工作顺利进行。

实施例二：

本实施例提供一种月基保真取芯多级大深度钻进方法，如图 5 所示，所述方法包括以下步骤：

步骤 100，当登入器接收到发射基地发送的钻探信号时，控制机械手臂从转盘上抓取保真取芯工具，并将所述保真取芯工具放置在月球表面；具体如上所述。

步骤 200，当所述机械手臂将所述保真取芯工具放置在所述月球表面时，获取硬度传感器输出的信号，并根据所述信号判断所述月球表面的土壤硬度是否符合采样标准；具体如上所述。

步骤 300，当所述月球表面的土壤硬度符合采样标准时，控制所述保真取芯工具中的电机驱动机构进行运转，利用所述电机驱动机构带动外部探钻机构对所述月球表面的土壤进行钻探；具体如上所述。

步骤 400，当所述外部探钻机构在钻探过程中遇到硬质岩层时，控制所述保真取芯工具中的超声激震动力机构进行激震，利用所述超声激震动力机构带动内部探钻机构对所述硬质岩层进行取芯；具体如上所述。

步骤 500，当所述内部探钻机构完成取芯时，将所述月球表面的土壤样品保存在所述保真取芯工具中，并控制所述登入器的绳索装置取回所述保真取芯工具，

将所述保真取芯工具放回所述转盘上；具体如上所述。

综上所述，本发明通过在登入器的内部设置转盘、保真取芯工具、空间支架、工作平台、机械手臂以及摄像头，控制机械手臂将保真取芯工具放置在月球的表面，并利用所述保真取芯工具对月球表面的土壤、岩石等进行采样，解决了对月球土壤的取芯作业问题，实现了保真状态下对月球土壤的采集、开挖和输送作业，同时增大了月球土壤取芯的采样量。

应当理解的是，本发明的应用不限于上述的举例，对本领域普通技术人员来说，可以根据上述说明加以改进或变换，所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。

1. 一种月基保真取芯多级大深度钻进系统，其特征在于，包括：设置在登入器内部且与所述登入器转动连接的转盘、设置在所述转盘的表面且用于对月球土壤进行采样的保真取芯工具、设置在所述转盘的表面且与所述转盘固定连接的空间支架、设置在所述空间支架的顶部且与所述空间支架转动连接的工作平台、设置在所述工作平台的底面且用于抓取所述保真取芯工具的机械手臂以及设置在所述工作平台的底面且用于观测月球表面的摄像头；所述机械手臂与所述工作平台固定连接，所述摄像头与所述工作平台固定连接。

2. 根据权利要求1所述的月基保真取芯多级大深度钻进系统，其特征在于，所述机械手臂为多自由度式机械手臂，所述机械手臂的尾部设置有用以检测所述月球土壤表面硬度的硬度传感器，所述硬度传感器与所述机械手臂固定连接。

3. 根据权利要求1所述的月基保真取芯多级大深度钻进系统，其特征在于，所述保真取芯工具包括工具本体、多级重叠式液压缸机构、电机驱动机构、超声激震动力机构、外部探钻机构以及内部探钻机构；

所述多级重叠式液压缸机构与所述工具本体固定连接；所述电机驱动机构与所述多级重叠式液压缸机构固定连接；所述超声激震动力机构与所述多级重叠式液压缸机构固定连接；所述外部探钻机构与所述电机驱动机构固定连接；所述内部探钻机构与所述超声激震动力机构固定连接。

4. 根据权利要求3所述的月基保真取芯多级大深度钻进系统，其特征在于，所述多级重叠式液压缸机构包括中空伺服缸、气动伺服缸、连接壳体以及钻探压力传感器；

所述中空伺服缸设置在所述气动伺服缸的两侧，且所述中空伺服缸与所述工具本体固定连接；所述气动伺服缸的底部与所述中空伺服缸的底座固定连接；所述连接壳体与所述中空伺服缸的推杆固定连接；所述钻探压力传感器与所述连接壳体固定连接。

5. 根据权利要求4所述的月基保真取芯多级大深度钻进系统，其特征在于，所述电机驱动机构包括驱动外壳、中空定子、中空转子以及推力轴承组；

所述驱动外壳与所述钻探压力传感器固定连接；所述中空定子与所述驱动外壳固定连接；所述推力轴承组与所述中空定子固定连接；所述中空转子与所述推力轴承组固定连接。

6. 根据权利要求5所述的月基保真取芯多级大深度钻进系统，其特征在于，所述超声激震动力机构包括连接杆、上盖板、压电陶瓷、下盖板以及变幅杆；

所述连接杆穿过所述中空转子和所述连接壳体的中心，且所述连接杆的顶部与所述气动伺服缸的推杆固定连接；所述上盖板与所述连接杆固定连接，所述压电陶瓷与所述上盖板固定连接，所述下盖板与所述压电陶瓷固定连接；所述变幅杆与所述下盖板固定连接。

7. 根据权利要求6所述的月基保真取芯多级大深度钻进系统，其特征在于，所述外部探钻机构包括外钻壳体 and 外部钻头；

所述外钻壳体的顶部与所述中空转子固定连接；所述外部钻头设置在所述外钻壳体的底部，且所述外部钻头与所述外钻壳体固定连接。

8. 根据权利要求7所述的月基保真取芯多级大深度钻进系统，其特征在于，所述内部探钻机构包括内钻壳体、内部钻头、卡爪以及密封气囊；

所述内钻壳体与所述变幅杆固定连接；所述内部钻头设置在所述内钻壳体的底部，且所述内部钻头与所述内钻壳体固定连接；所述卡爪设置在所述内钻壳体内壁，且所述卡爪与所述内钻壳体转动连接；所述密封气囊设置在所述卡爪的外侧，且所述密封气囊与所述内钻壳体固定连接。

9. 根据权利要求8所述的月基保真取芯多级大深度钻进系统，其特征在于，所述内钻壳体与所述外钻壳体之间设置有导向支撑结构，所述导向支撑结构与所述内钻壳体固定连接，且所述导向支撑结构与所述外钻壳体滑动连接。

10. 一种月基保真取芯多级大深度钻进方法，其特征在于，包括以下步骤：

当登入器接收到发射基地发送的钻探信号时，控制机械手臂从转盘上抓取保真取芯工具，并将所述保真取芯工具放置在月球表面；

当所述机械手臂将所述保真取芯工具放置在所述月球表面时，获取硬度传感器输出的信号，并根据所述信号判断所述月球表面的土壤硬度是否符合采样标准；

当所述月球表面的土壤硬度符合采样标准时，控制所述保真取芯工具中的电机驱动机构进行运转，利用所述电机驱动机构带动外部探钻机构对所述月球表面的土壤进行钻探；

当所述外部探钻机构在钻探过程中遇到硬质岩层时，控制所述保真取芯工具中的超声激震动力机构进行激震，利用所述超声激震动力机构带动内部探钻机构

对所述硬质岩层进行取芯；

当所述内部探钻机构完成取芯时，将所述月球表面的土壤样品保存在所述保真取芯工具中，并控制所述登入器的绳索装置取回所述保真取芯工具，将所述保真取芯工具放回所述转盘上。

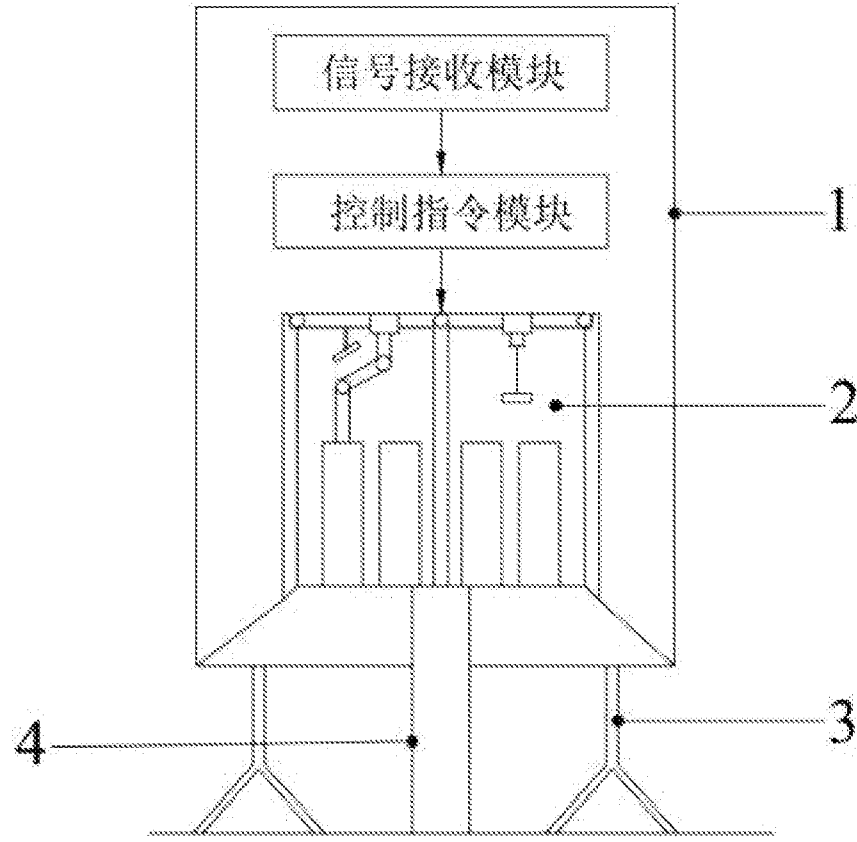


图 1

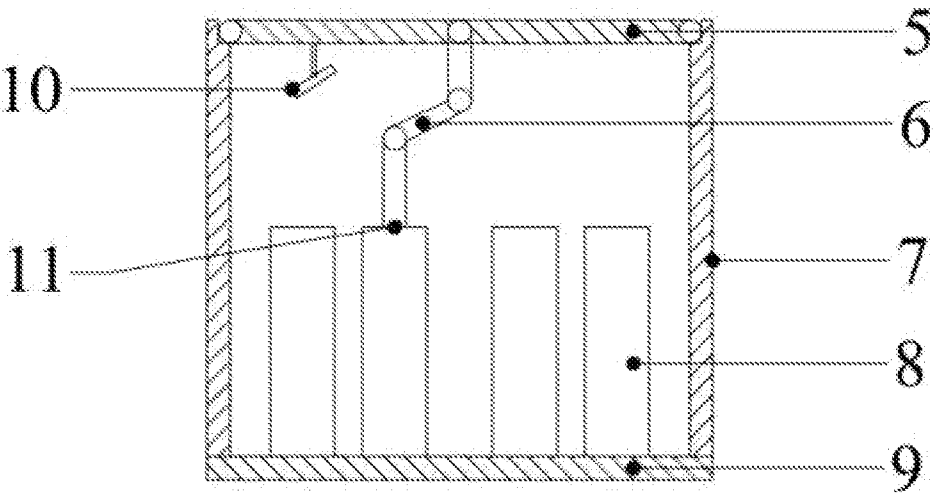


图 2

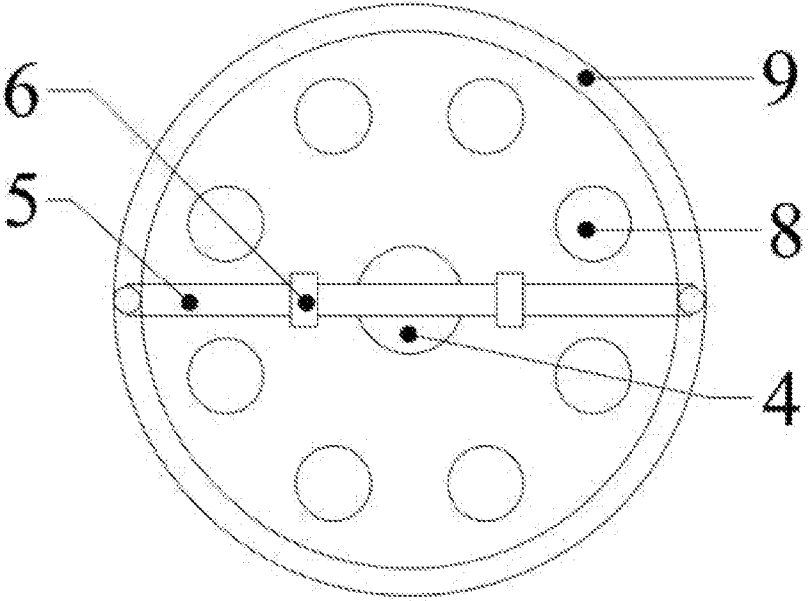


图 3

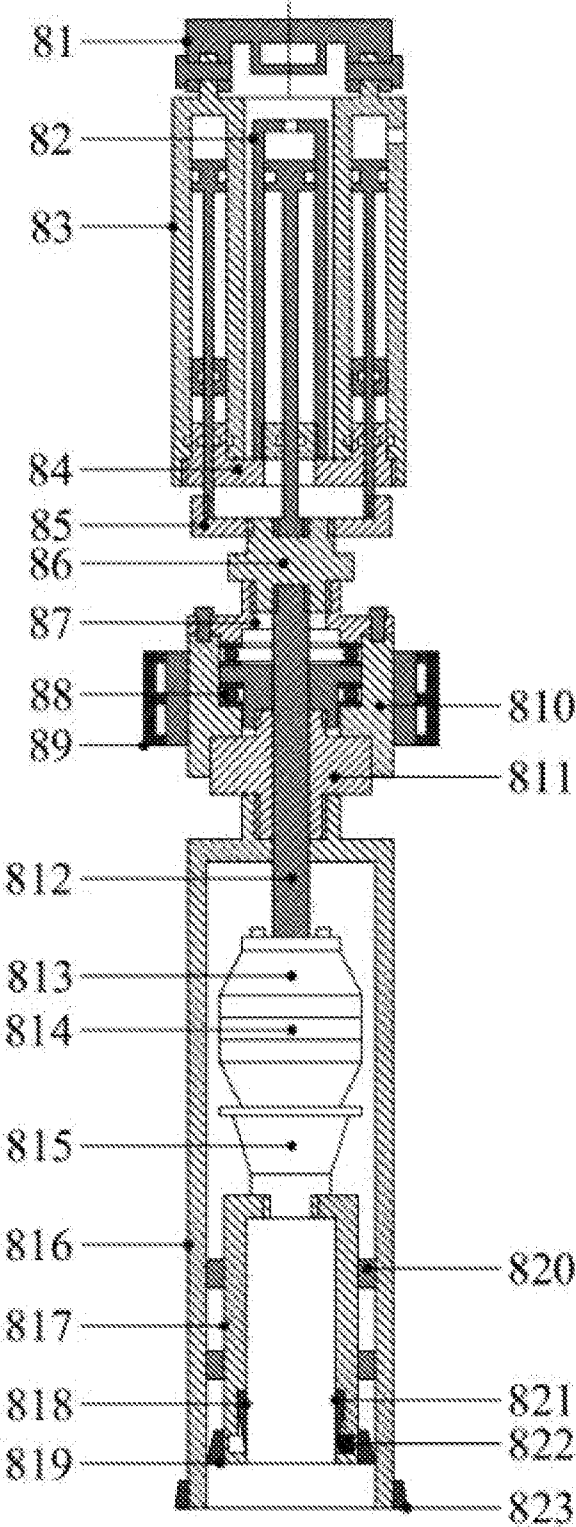


图 4

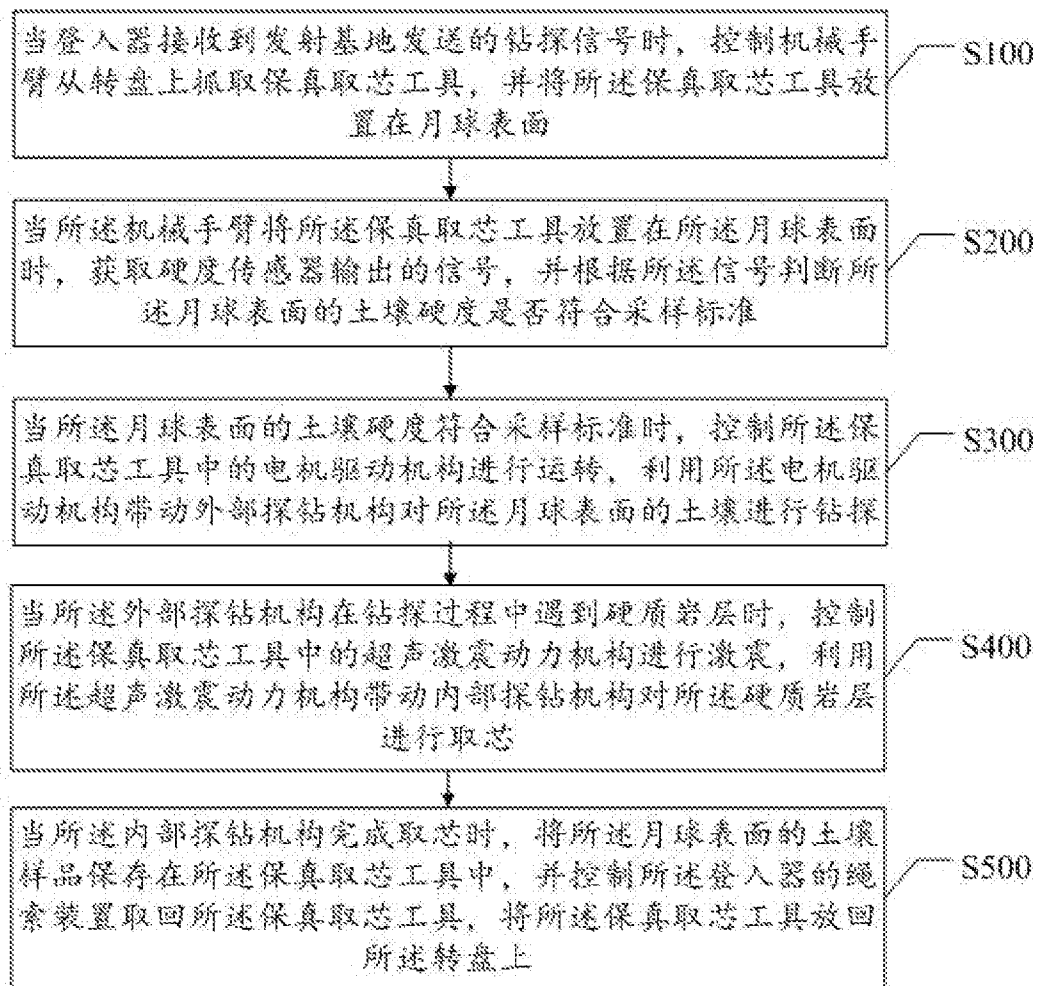


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/094895

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 1/08(2006.01)i; G01N 1/04(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, E21B

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)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 月基, 月壤, 月面, 取芯, 取样, 取岩, 采样, 采集, 转盘, 选取, 拾取, 机器人, 执行器, 臂, 抓取, 内部, 外部, 多级, 重叠, 缸, 伺服, 驱动; moon, seleno+, soil, surface, sampl+, drill+, cor+, plate, tray, pick+, select+, grab+, grip+, robot, manipulat+, performer, arm?, inner, interior, outer, exterior, outside, external, multi+, overlap+, cylinder, servo, driv+.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 101936822 A (BEIHANG UNIVERSITY) 05 January 2011 (2011-01-05) description, specific embodiments, and figures 1-11	1, and 2
A	CN 109506974 A (HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 22 March 2019 (2019-03-22) entire document	1-10
A	CN 105510078 A (BEIJING SATELLITE MANUFACTURING FACTORY) 20 April 2016 (2016-04-20) entire document	1-10
A	CN 102359891 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 22 February 2012 (2012-02-22) entire document	1-10
A	CN 106198100 A (KUNMING UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 07 December 2016 (2016-12-07) entire document	1-10
A	CN 103837373 A (BEIHANG UNIVERSITY) 04 June 2014 (2014-06-04) entire document	1-10



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

21 February 2020

Date of mailing of the international search report

27 March 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/CN2019/094895**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	RU 2501952 C1 (Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences) 20 December 2013 (2013-12-20) entire document	1-10
A	US 2003/0209092 A1 (TZE, Cheun Ng等) 13 November 2003 (2003-11-13) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/094895

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	101936822	A	05 January 2011	CN	101936822	B	16 November 2011
CN	109506974	A	22 March 2019	None			
CN	105510078	A	20 April 2016	CN	105510078	B	09 October 2018
CN	102359891	A	22 February 2012	CN	102359891	B	14 November 2012
CN	106198100	A	07 December 2016	CN	106198100	B	02 October 2018
CN	103837373	A	04 June 2014	CN	103837373	B	18 November 2015
RU	2501952	C1	20 December 2013	None			
US	2003/0209092	A1	13 November 2003	US	6837312	B2	04 January 2005

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/094895

A. 主题的分类

G01N 1/08(2006.01)i; G01N 1/04(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, E21B

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))

CNPAT, CNKI, WPI, EPDOC: 月基, 月壤, 月面, 取芯, 取样, 取岩, 采样, 采集, 转盘, 选取, 拾取, 机器人, 执行器, 臂, 抓取, 内部, 外部, 多级, 重叠, 缸, 伺服, 驱动; moon, seleno+, soil, surface, sampl+, drill+, cor+, plate, tray, pick+, select+, grab+, grip+, robot, manipul+, performer, arm?, inner, interior, outer, exterior, outside, external, multi+, overlap+, cylinder, servo, driv+.

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
X	CN 101936822 A (北京航空航天大学) 2011年 1月 5日 (2011 - 01 - 05) 说明书具体实施方式, 附图1-11	1-2
A	CN 109506974 A (哈尔滨工业大学) 2019年 3月 22日 (2019 - 03 - 22) 全文	1-10
A	CN 105510078 A (北京卫星制造厂) 2016年 4月 20日 (2016 - 04 - 20) 全文	1-10
A	CN 102359891 A (浙江大学) 2012年 2月 22日 (2012 - 02 - 22) 全文	1-10
A	CN 106198100 A (昆明理工大学) 2016年 12月 7日 (2016 - 12 - 07) 全文	1-10
A	CN 103837373 A (北京航空航天大学) 2014年 6月 4日 (2014 - 06 - 04) 全文	1-10
A	RU 2501952 C1 (AS RUSSIA SPACE RES. INST.) 2013年 12月 20日 (2013 - 12 - 20) 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

2020年 2月 21日

国际检索报告邮寄日期

2020年 3月 27日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(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

温锐

电话号码 86-10-53961014

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 2003/0209092 A1 (TZE, Cheun Ng等) 2003年 11月 13日 (2003 - 11 - 13) 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/CN2019/094895

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	101936822	A	2011年 1月 5日	CN 101936822 B	2011年 11月 16日
CN	109506974	A	2019年 3月 22日	无	
CN	105510078	A	2016年 4月 20日	CN 105510078 B	2018年 10月 9日
CN	102359891	A	2012年 2月 22日	CN 102359891 B	2012年 11月 14日
CN	106198100	A	2016年 12月 7日	CN 106198100 B	2018年 10月 2日
CN	103837373	A	2014年 6月 4日	CN 103837373 B	2015年 11月 18日
RU	2501952	C1	2013年 12月 20日	无	
US	2003/0209092	A1	2003年 11月 13日	US 6837312 B2	2005年 1月 4日