

(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  
2017 年 5 月 18 日 (18.05.2017)

W I P O | P C T

(10) 国际公布号  
W O 2017/079995 A 1

- (51) 国际分类号 : 5 23K 9/727 (2006.01) 5 23K 9/767 (2006.01)
- (21) 国际申请号 : PCT/CN2015/095306
- (22) 国际申请日 : 2015 年 11 月 23 日 (23.11.2015)
- (25) 申报语言 : 中文
- (26) 公布语言 : 中文
- (30) 优先权 : 2015 10769050.0 2015 年 11 月 12 日 (12.11.2015) CN
- (71) 申请人 : 上海电气核电设备有限公司 (SHANGHAI ELECTRIC NUCLEAR POWER EQUIPMENT CO. LTD.) [CN/CN]; 中国上海市浦东新区临港重型产业装备区层林路 77 号 ,Shanghai 201306 (CN)。
- (72) 发明人 : 杨乘东 (YANG, Chengdong); 中国上海市浦东新区临港重型产业装备区层林路 77 号 ,Shanghai 201306 (CN) 。 唐伟宝 (TANG, Weibao); 中国上海市浦东新区临港重型产业装备区层林路 77 号 ,Shanghai 201306 (CN) 。 张茂龙 (ZHANG, Maolong); 中国上海市浦东新区临港重型产业装备区层林路 77 号 ,Shanghai 201306 (CN) 。 张敏 (ZHANG, Min);
- (74) 代理人 : 上海信好专利代理事务所 (普通合伙) (SUNSHINEIP INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM); 中国上海市浦东新区东方路 877 号嘉兴大厦 2103 室张静洁 ,Shanghai 200122 (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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,

[见续页]

(54) Title: ROBOT-BASED WELDING SYSTEM AND METHOD

(54) 发明名称 : 一种机器人焊接系统及其焊接方法

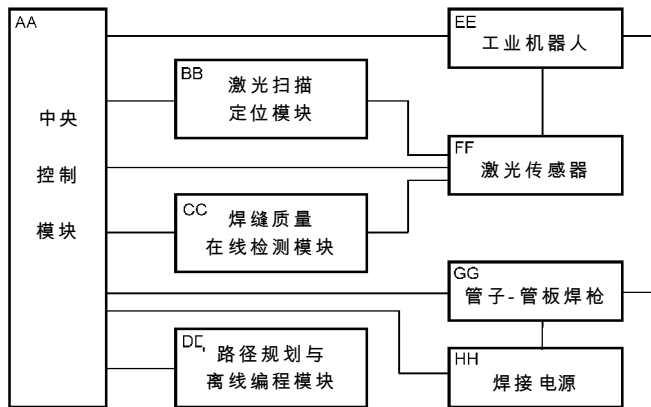


图 1

- AA Central control module
- BB Laser scanning and positioning module
- CC Online quality detection module for welded seam
- DD Route planning and offline programming module
- EE Industrial robot
- FF Laser sensor
- GG Tube-sheet welding gun
- HH Welding power supply

(57) Abstract: Provided are a robot-based welding system and method. The method comprises: using two industrial robots (20) in cooperation with a tube-sheet welding gun (30) to perform seam welding to weld all tubes within a tube sheet. A route planning and offline programming module plans a collision-free welding route and performs offline programming. A laser scanning and positioning module acquires coordinates of a circle center of a tube aperture to realize identification of an initial welding location and self-guiding. An online quality detection module for a welded seam obtains a three-dimensional reconstruction image according to a laser scanning result of a welded seam, and performs an online quality detection on the welded seam according to the appearance thereof.

(57) 摘要 : 一种机器人焊接系统及其焊接方法, 通过两台工业机器人 (20) 配合管子-管板焊枪 (30) 对一个管板上所有管子-管板焊缝进行焊接。由路径规划与离线编程模块进行焊接路径防碰撞的规划, 并进行离线编程; 由激光扫描定位模块获得管孔的圆心坐标实现初始焊接位置识别与自主导引; 由焊缝质量在线检测模块根据焊缝激光扫描结果获得三维重建图像, 并根据焊缝形貌对焊缝质量进行在线检测。



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))。

## 一种机器人焊接系统及其焊接方法

### 技术领域

本发明涉及的是机器人焊接智能化技术领域的自动化焊接系统及方法，具体涉及一种核岛主设备蒸汽发生器管子-管板焊接的机器人焊接系统及其焊接方法。

### 背景技术

核电由于具有清洁、持续供电能力强、受地理位置限制相对较少的优点，是未来能源发展的重要方向。《国家核电发展专题规划》提出到2020年，我国核电运行装机容量将达到4000万千瓦，核电占全部电力装机容量的比例提高到4%，年发电量达到2600~2800亿千瓦时。核电建设工期的长短对其经济性有显著的影响，蒸汽发生器作为核岛主设备，其制造过程中管子-管板的焊接是关键工序，管子-管板的焊接质量和焊接效率直接影响到管板一次侧的耐腐蚀性、密封性以及蒸汽发生器的制造进度。蒸汽发生器管子-管板焊缝数量巨大，以AP1000蒸汽发生器为例，有20050道管子-管板焊缝，目前主要采用人工手持管子-管板焊枪进行焊接，焊接效率低。

### 发明的公开

本发明针对目前蒸汽发生器管子-管板主要采用人工进行焊接的现状，提出一种核岛主设备蒸汽发生器管子-管板焊接的机器人焊接系统及其焊接方法，实现管子-管板自动化焊接过程中的初始焊位识别与导引、路径规划与离线编程、管子-管板焊缝机器人自动化焊接、钨极自动检测与更换、焊缝质量在线检测等功能。

为了达到上述目的，本发明的一个技术方案是提供一种机器人焊接系统，所述机器人焊接系统设有中央控制模块，以及与其信号连接并受其控制的以下设备：

至少一台六自由度的工业机器人，其工作范围叠加实现对工件管板上所

有管子-管板焊缝的焊接位置的覆盖；

至少一把管子-管板焊枪；每个工业机器人分别抓持与之对应的至少一把管子-管板焊枪至相应的管孔处，由各管孔处的管子-管板焊枪对管子-管板焊缝进行焊接；

焊缝质量在线检测模块，根据焊缝形貌对焊缝质量进行在线检测。

优选地，所述机器人焊接系统还设有与中央控制模块信号连接并受其控制的路径规划与离线编程模块，对多个工业机器人进行焊接路径防碰撞的规划，并对规划的方案进行离线编程。

优选地，所述机器人焊接系统还设有与中央控制模块信号连接并受其控制的激光扫描定位模块，其根据激光传感器对管孔的扫描结果获得管孔的圆心坐标，作为初始焊接位置识别与自主导引的参考数值。

优选地，所述机器人焊接系统设有两台工业机器人，每台工业机器人分别抓持两把用来对管子-管板焊缝进行自动钨极氩弧焊的管子-管板焊枪。

优选地，各个所述工业机器人安装在与其对应的竖直支架上并能够随竖直支架进行水平移动；所述工业机器人能够在竖直支架上进行上下移动。

优选地，各个所述竖直支架安装在系统平台上并能够随系统平台水平移动；所述系统平台能够沿地面导轨分别移动至各个待焊接工件的管板前；

所述工件是放置在各自支承架上的蒸汽发生器。

优选地，所述系统平台上还设置有以下设备：

钨极自动更换平台，其位于相应工业机器人可操作的范围内，用于更换钨极；

焊接电源，为各把所述管子-管板焊枪供电；

机器人控制柜，其中设置各个工业机器人的机器人控制设备；

中央控制平台，其中设置有所述中央控制模块、焊缝质量在线检测模块、路径规划与离线编程模块及激光扫描定位模块。

优选地，各个所述竖直支架上分别安装有相应的线束支架，用来放置工业机器人及其对应管子-管板焊枪的导线；

所述系统平台的地面导轨，包含横向导轨及纵向导轨。

优选地，所述焊缝质量在线检测模块是根据激光传感器对焊接焊缝的扫描结果，获得焊缝的三维重建图像，并根据焊缝形貌对焊缝质量进行在线检

测。

优选地，所述激光传感器设置在所述工业机器人的机器人臂前端上。

本发明的另一个技术方案是提供一种机器人焊接系统的焊接方法，其包含以下过程：

将多个工件分别安装在各自的支承架上；

通过地面导轨将系统平台移动到其中一个工件的管板前，以便机器人焊接系统设置在系统平台上的设备能够进行相应操作：

每个工业机器人抓持与之对应的其中一把焊枪到达管板上当前待焊管孔的焊接位置进行焊枪的定位；焊枪定位后，工业机器人松开焊枪夹具，以便抓取与该工业机器人对应的另一把焊枪；

已经定位的焊枪根据中央控制模块的命令启动焊接，在对单个管子-管板焊缝焊接完成后给出焊接完成信号；工业机器人将给出焊接完成信号的焊枪抓放到下一个管孔处定位，以便进行下一个管子-管板焊缝的焊接；

通过多个工业机器人与其各自焊枪的配合完成该工件管板上所有管子-管板的焊接后，通过地面导轨将系统平台移动到另一个工件的管板前，完成所有管子-管板焊缝的焊接。

优选地，所述焊接方法进一步包含：由每个工业机器人带动机器人臂前端设置的激光传感器移动，通过激光传感器扫描管板上当前待焊管孔，并通过激光扫描定位模块确定该管孔的中心位置，以便该工业机器人抓持与之对应的其中一把焊枪到达该管孔的焊接位置进行焊枪的定位。

优选地，所述焊接方法进一步包含：在焊枪完成单个管子-管板焊缝焊接之后，通过激光传感器对管子-管板焊缝进行扫描，通过焊缝质量在线检测模块获得焊缝的三维重建图像，并根据焊缝形貌对焊缝质量进行在线检测及超标缺陷报警。

优选地，所述焊接方法进一步包含：将多个工件分别安装在各自的支承架上之后，建立与各工件等比例的三维模型，导入机器人控制系统；以及，将系统平台移动到任意一个工件的管板前之后，对工业机器人进行人工示教操作，以多个参考点确认工件实际坐标，来校正工件三维模型的坐标系；并且，通过路径规划与离线编程模块执行多个工业机器人的焊接路径防碰撞的规划，并对规划的方案进行离线编程。

优选地,任意一把焊枪被工业机器人抓持到当前待焊管孔的焊接位置时,将焊枪定位芯轴插入当前待焊管孔,使焊枪上部设置的气动辅助定位胀管插入管口,并在焊枪轴向到位后使气动定位胀管自动涨紧,涨紧确认后机器人松开焊枪夹具。

本发明公开了一种机器人焊接系统及其焊接方法,属于机器人焊接自动化技术领域,适用于核岛主设备蒸汽发生器管子-管板焊接。本发明中的工业机器人具有工作效率高、稳定可靠、重复精度高等优点,采用机器人取代人工进行焊接在提高焊接效率、保证产品质量稳定性、改善工人工作环境和降低工人劳动强度等方面具有非常明显的优势。

本发明能够实现核岛主设备蒸汽发生器管子-管板焊接的初始焊缝位置识别与自主导引、路径规划与离线编程、管子-管板机器人自动化焊接以及焊缝质量的在线检测。对于提高管子-管板的焊接效率、保证焊缝质量的稳定性、缩短蒸汽发生器的交货周期、提高核电经济性具有非常重要的意义。

#### 附图的简要说明

图1是本发明所述核岛主设备蒸汽发生器管子管板焊接的机器人焊接系统的结构示意图;

图2是本发明所述机器人焊接系统的布置示意图;

图3是本发明所述机器人焊接系统的焊接方法的流程示意图。

#### 实现本发明的最佳方式

下面结合附图对本发明的实施例做详细说明:本实施例在以本发明技术方案为前提下进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

如图1所示,本发明提供一种核岛主设备蒸汽发生器管子-管板焊接的机器人焊接系统,其包括:工业机器人(本例设有两台)、路径规划与离线编程模块、激光扫描定位模块、管子-管板焊枪及焊接电源、焊缝质量在线检测模块,以及对上述模块及器件的工作进行控制的中央控制模块。

其中,两台六自由度的工业机器人(以下或简称为机器人)分别安装在带导轨、可水平移动的竖直支架上。机器人可以在支架上实现上下移动,完

成管板上部分和下部分管子-管板的焊接；竖直支架可以在水平方向的导轨上移动，从而带动机器人在水平方向的移动，实现机器人对管板左部分和右部分管子-管板的焊接。因此，通过借助竖直支架可以实现机器人在上、下、左、右方向的移动，两台机器人的工作范围叠加可以完全覆盖管板平面，以双机器人实现对所有管子-管板焊缝的焊接。

所述的路径规划与离线编程模块，可以对双机器人的焊接路径进行规划，并通过仿真优化焊接路径，得到优化的路径规划方案，提高焊接效率，防止焊接过程中双机器人发生碰撞；对优化的路径规划方案采用离线编程取代繁重的人工示教编程，提高蒸汽发生器管子-管板焊接的效率。

所述的激光扫描定位模块，通过激光传感器对管孔进行激光扫描，然后通过相应算法获得管孔的圆心坐标，该坐标值是机器人可识别的空间位置坐标；根据该坐标值，可以控制机器人到达管孔圆心，从而实现管子-管板焊接的初始焊接位置识别和自主导引。

本发明使用专门的管子-管板焊枪和管子-管板焊接电源；通过机器人抓持焊枪，使焊枪通过定位芯轴插入管孔中进行定位，在双层保护气罩的保护下，钨极自动旋转，完成管子-管板焊缝的自动钨极氩弧焊（本例中具体用于实施不填丝自动钨极氩弧焊）。配合两台机器人，可以完成双机器人四管子-管板焊枪的管子-管板焊缝自动钨极氩弧焊。即，一台机器人分别抓取与之相应的两把焊枪在不同管孔处进行焊接工作。

所述的焊缝质量在线检测模块，可以实现对管子-管板焊缝质量的在线检测。各管子-管板焊缝焊接完成后，通过激光传感器对焊缝进行扫描，然后经过三维重建获得管子-管板焊缝的形貌，根据焊缝形貌自动判断是否存在气孔、夹渣、咬边等缺陷，实现对焊缝质量的在线检测。

所述的中央控制模块，可以控制激光传感器对管孔进行扫描，实现初始焊位识别与导引；控制路径规划与离线编程模块规划焊接路径、进行离线编程；控制机器人抓持焊枪对管子-管板进行自动化焊接；根据钨极形貌，对钨极进行自动检测、更换等；各管子-管板焊缝焊接完成后，控制激光传感器对焊缝进行扫描获得焊缝形貌，通过焊缝形貌实现对焊缝质量的在线检测。

如图2所示是本实施例中机器人焊接系统的布置结构示意图。本例中机器人焊接系统，包含：系统平台50，设置于该系统平台50上并随其一起沿

地面的横向导轨 301 或纵向导轨 302 移动的两组设备；每组设备设有竖直支架 10、线束支架 90、六自由度工业机器人 20、管子-管板焊接电源 70、管子-管板焊枪 30、钨极自动更换平台 40；该系统平台 50 上还设有为两组设备共用的中央控制平台 60 及机器人控制柜 80（针对两组设备控制的相应功能模块在其中分别设置）。

图中还示出两台蒸汽发生器 100 及其待焊接的管板，和两台蒸汽发生器 100 各自的支承架 200；若两台蒸汽发生器 100（以下或称其为工件）的布置位置有所调整，不同于图 2 所示并排布置的话，则可以适应调整地面导轨的形状排布，以使系统平台 50 能够顺利地移动到每一个工件待焊接管板前。

如前文所述竖直支架 10 可以带动其上面安装的机器人 20 进行水平移动，并可以使机器人 20 在竖直支架 10 上进行上下移动；竖直支架 10 的水平移动随系统平台 50 移动实现，如有需要还可以进一步在系统平台 50 上设置供竖直支架 10 移动的导轨。

线束支架 90 安装在竖直支架 10 上，能够将一个机器人 20 对应的管子-管板焊枪 30 及其焊接电源 70 等相互连接的导线绑在支架上，防止焊接过程中导线之间的相互缠绕引起干涉、断路等情况的发生。

钨极自动更换平台 40 位于相应机器人 20 可以操作到的范围内，用于更换钨极；该钨极自动更换平台 40 可以作为焊枪放置架，来放置管子-管板焊枪 30。可以在系统平台 50 上设置连通到钨极自动更换平台 40 的楼梯，方便工作人员操作及查看相关设备的状态等。

前文所述路径规划与离线编程模块、激光扫描定位模块、焊缝质量在线检测模块、中央控制模块等即设置在中央控制平台 60 中。各机器人相应的机器人控制系统可以设置在中央控制平台 60 和/或机器人控制柜 80 中。

如图 3 所示，利用本发明所述机器人焊接设备实现的焊接方法，包含如下步骤：

51. 将两台蒸汽发生器（即工件）分别安装固定在各自的支承架上；
52. 建立与各工件等比例的三维模型，导入机器人控制系统。
53. 通过地面横向和纵向导轨，将系统平台移动到一个工件管板的正前方合适位置并固定；
54. 采用人工示教操作，通过 3~4 个参考点确认工件实际坐标，校正工



件三维模型的坐标系；

55. 对双机器人管子-管板的焊接路径进行优化，获得优化的焊接路径规划方案，并进行离线编程。

56. 机器人到达焊枪放置架位置从上面抓持一把焊枪，由机器人臂前端设置的激光传感器识别当前待焊管孔的中心位置，并同时对待焊管孔的组装深度和胀管间隙进行检测；

57. 机器人抓持焊枪到达焊接位置，将焊枪定位芯轴插入待焊管孔，焊枪上部气动辅助定位胀管同时插入相应管口，焊枪轴向到位后气动定位胀管自动涨紧，涨紧确认后机器人松开焊枪夹具；

58. 启动管子-管板焊接程序，控制到位的焊枪开始焊接；在单个管子-管板焊缝焊接完成后给出焊接完成信号；

59. 由机器人配合激光传感器对管子-管板焊缝进行扫描，通过三维重建图像获得焊缝形貌，根据焊缝形貌自动识别是否存在超标缺陷，如存在超标缺陷立即停止焊接并报警；

510. 机器人配合激光传感器扫描下一道管孔以识别其中心坐标，并对管子组装深度和胀管间隙进行检测，超标报警；

511. 机器人收到某把焊枪焊接完成信号，自动定位和抓取该焊枪，然后进行下一个管子-管板焊缝的焊接。

512. 重复步骤 S6~S11，即一个机器人对其相应的另一把焊枪也执行这些操作；一个机器人的两把焊枪的取放时间相互错开。另一个机器人的两把焊枪以此类推；以此实现由2台机器人配合4把管子-管板焊枪完成一个工件（蒸汽发生器）上所有管子-管板焊缝的自动焊接。

513. 通过地面横向导轨和纵向导轨，移动系统平台到下一个工件管板的正前方合适位置并固定；

S12. 重复步骤 S4~S11，完成这个工件（蒸汽发生器）所有管子-管板的双机器人自动焊接。

本发明可以实现核电主设备蒸汽发生器管子-管板焊接的初始焊位识别与导引、路径规划与离线编程、管子-管板焊缝的机器人自动化焊接、钨极自动检测与更换、焊缝质量的在线检测等主要功能。该蒸汽发生器管子-管板焊接系统可以有效提高管子-管板焊接的效率、提高焊缝的质量稳定性、缩短蒸

汽发生器的交货周期。

尽管本发明的内容已经通过上述优选实施例作了详细介绍，但应当认识到上述的描述不应被认为是对本发明的限制。在本领域技术人员阅读了上述内容后，对于本发明的多种修改和替代都将是显而易见的。因此，本发明的保护范围应由所附的权利要求来限定。

## 权利要求

1. 一种机器人焊接系统，其特征在于：

所述机器人焊接系统设有中央控制模块，以及与其信号连接并受其控制的以下设备：

至少一台六自由度的工业机器人，其工作范围叠加实现对工件管板上所有管子-管板焊缝的焊接位置的覆盖；

至少一把管子-管板焊枪；每个工业机器人分别抓持与之对应的至少一把管子-管板焊枪至相应的管孔处，由各管孔处的管子-管板焊枪对管子-管板焊缝进行焊接；

焊缝质量在线检测模块，根据焊缝形貌对焊缝质量进行在线检测。

2. 如权利要求 1 所述的机器人焊接系统，其特征在于：

所述机器人焊接系统还设有与中央控制模块信号连接并受其控制的路径规划与离线编程模块，对多个工业机器人进行焊接路径防碰撞的规划，并对规划的方案进行离线编程。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的机器人焊接系统，其特征在于，

所述机器人焊接系统还设有与中央控制模块信号连接并受其控制的激光扫描定位模块，其根据激光传感器对管孔的扫描结果获得管孔的圆心坐标，作为初始焊接位置识别与自主导引的参考数值。

4. 如权利要求 1 所述的机器人焊接系统，其特征在于，

所述机器人焊接系统设有两台工业机器人，每台工业机器人分别抓持两把用来对管子-管板焊缝进行自动钨极氩弧焊的管子-管板焊枪。

5. 如权利要求 3 所述的机器人焊接系统，其特征在于，

各个所述工业机器人安装在与其对应的竖直支架上并能够随竖直支架进行水平移动；所述工业机器人能够在竖直支架上进行上下移动。

6. 如权利要求 5 所述的机器人焊接系统，其特征在于，
- 各个所述竖直支架安装在系统平台上并能够随系统平台水平移动；
  - 所述系统平台能够沿地面导轨分别移动至各个待焊接工件的管板前；
  - 所述工件是放置在各自支承架上的蒸汽发生器。
7. 如权利要求 6 所述的机器人焊接系统，其特征在于，
- 所述系统平台上还设置有以下设备：
  - 钨极自动更换平台，其位于相应工业机器人可操作的范围内，用于更换钨极；
  - 焊接电源，为各把所述管子-管板焊枪供电；
  - 机器人控制柜，其中设置各个工业机器人的机器人控制设备；
  - 中央控制平台，其中设置有所述中央控制模块、焊缝质量在线检测模块、路径规划与离线编程模块及激光扫描定位模块。
8. 如权利要求 7 所述的机器人焊接系统，其特征在于，
- 各个所述竖直支架上分别安装有相应的线束支架，用来放置工业机器人及其对应管子-管板焊枪的导线；
  - 所述系统平台的地面导轨，包含横向导轨及纵向导轨。
9. 如权利要求 1 所述的机器人焊接系统，其特征在于，
- 所述焊缝质量在线检测模块是根据激光传感器对焊接焊缝的扫描结果，获得焊缝的三维重建图像，并根据焊缝形貌对焊缝质量进行在线检测。
10. 如权利要求 3 或 9 所述的机器人焊接系统，其特征在于，
- 所述激光传感器设置在所述工业机器人的机器人臂前端上。
11. 一种机器人焊接系统的焊接方法，其特征在于，包含以下过程：

将多个工件分别安装在各自的支承架上；

通过地面导轨将系统平台移动到其中一个工件的管板前，以便机器人焊接系统设置在系统平台上的设备能够进行相应操作：

每个工业机器人抓持与之对应的其中一把焊枪到达管板上当前待焊管孔的焊接位置进行焊枪的定位；焊枪定位后，工业机器人松开焊枪夹具，以便抓取与该工业机器人对应的另一把焊枪；

已经定位的焊枪根据中央控制模块的命令启动焊接，在对单个管子-管板焊缝焊接完成后给出焊接完成信号；工业机器人将给出焊接完成信号的焊枪抓放到下一个管孔处定位，以便进行下一个管子-管板焊缝的焊接；

通过多个工业机器人与其各自焊枪的配合完成该工件管板上所有管子-管板的焊接后，通过地面导轨将系统平台移动到另一个工件的管板前，完成所有管子-管板焊缝的焊接。

12. 如权利要求 11 所述的焊接方法，其特征在于，

所述焊接方法进一步包含：

由每个工业机器人带动机器人臂前端设置的激光传感器移动，通过激光传感器扫描管板上当前待焊管孔，并通过激光扫描定位模块确定该管孔的中心位置，以便该工业机器人抓持与之对应的其中一把焊枪到达该管孔的焊接位置进行焊枪的定位。

13. 如权利要求 11 所述的焊接方法，其特征在于，

所述焊接方法进一步包含：

在焊枪完成单个管子-管板焊缝焊接之后，通过激光传感器对管子-管板焊缝进行扫描，通过焊缝质量在线检测模块获得焊缝的三维重建图像，并根据焊缝形貌对焊缝质量进行在线检测及超标缺陷报警。

14. 如权利要求 11 所述的焊接方法，其特征在于，

所述焊接方法进一步包含：

将多个工件分别安装在各自的支承架上之后，建立与各工件等比例

的三维模型，导入机器人控制系统；

以及，将系统平台移动到任意一个工件的管板前之后，对工业机器人进行人工示教操作，以多个参考点确认工件实际坐标，来校正工件三维模型的坐标系；并且，通过路径规划与离线编程模块执行多个工业机器人的焊接路径防碰撞的规划，并对规划的方案进行离线编程。

15. 如权利要求 11 所述的焊接方法，其特征在于，

任意一把焊枪被工业机器人抓持到当前待焊管孔的焊接位置时，将焊枪定位芯轴插入当前待焊管孔，使焊枪上部设置的气动辅助定位胀管插入管口，并在焊枪轴向到位后使气动定位胀管自动涨紧，涨紧确认后机器人松开焊枪夹具。

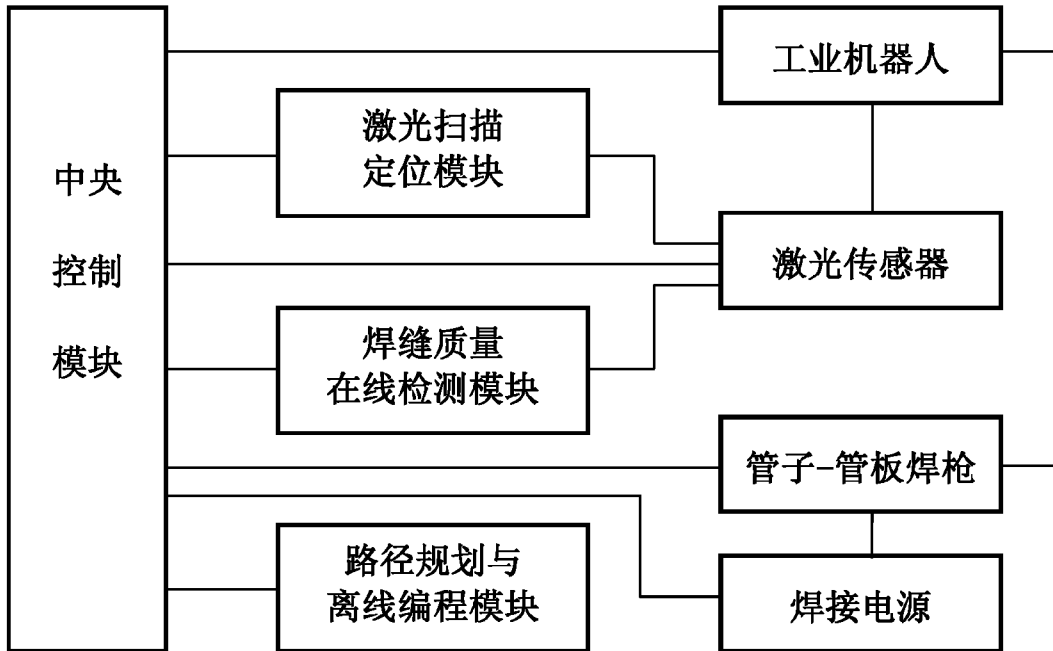


图 1

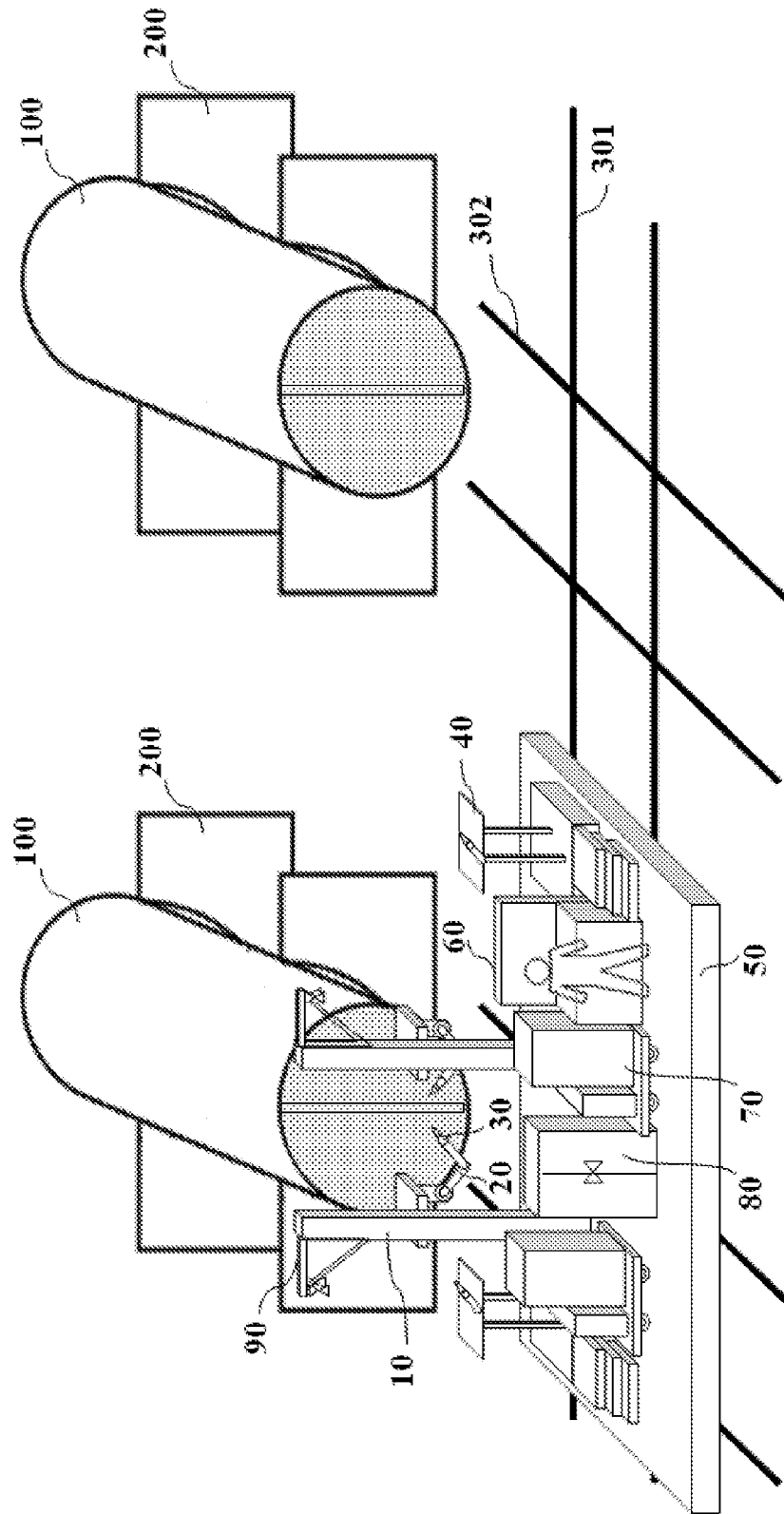


图 2



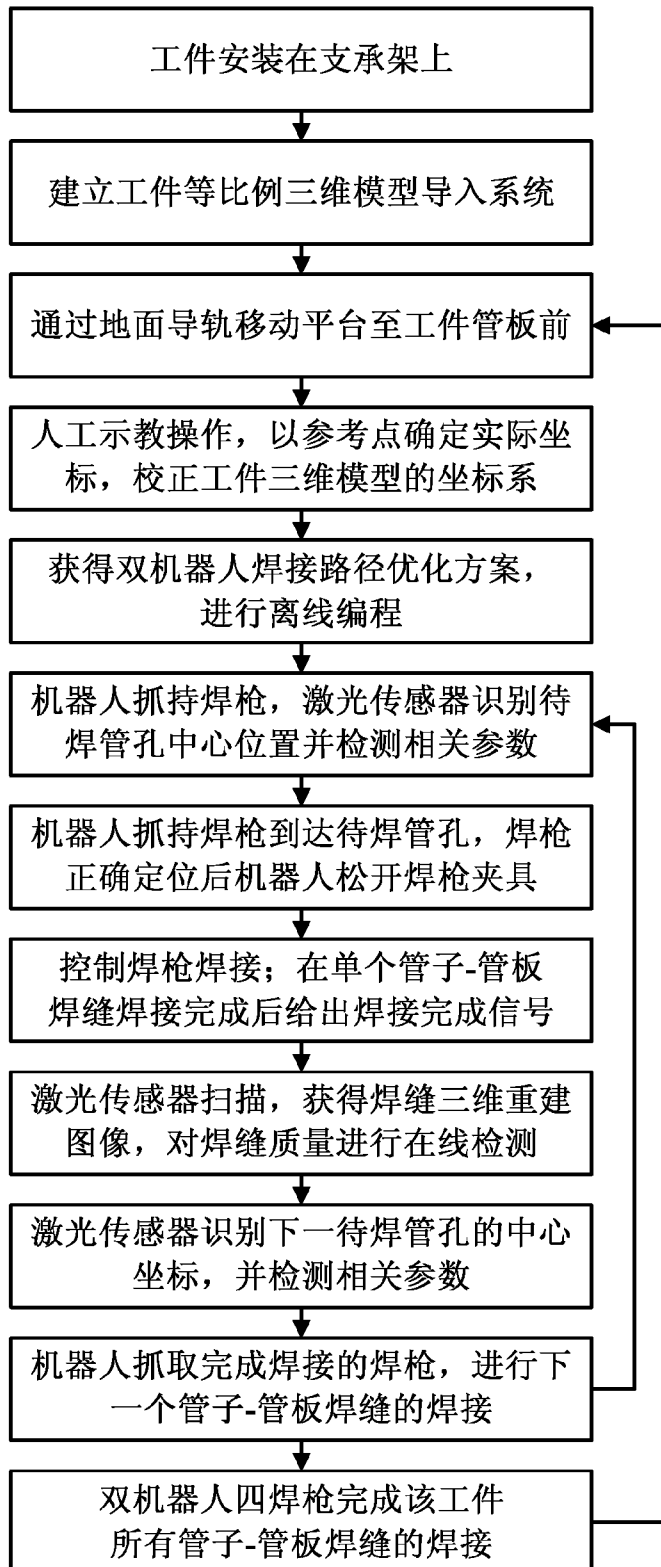


图 3

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/CN2015/095306

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K 9/127 (2006.01) i; B23K 9/167 (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)

B23K 9; B25J

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)

CNABS; VEN; CNKI: mechanical arm, online, test???, check???, detect???, manipulator?, robot?, programm???, laser

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 104588839 A (SHANXI PINGYANG INDUSTRY MACHINERY CO., LTD.) 06 May 2015 (06.05.2015) see description, paragraphs [0023]-[0030], and figure 3	1, 4
Y	CN 104588839 A (SHANXI PINGYANG INDUSTRY MACHINERY CO., LTD.) 06 May 2015 (06.05.2015) see description, paragraphs [0023]-[0030], and figure 3	2, 3, 5-10
Y	CN 102430841 A (INDUSTRIAL ROBOT RESEARCH INSTITUTE CO., LTD. OF KUNSHAN INDUSTRIAL TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE) 02 May 2012 (02.05.2012) see description, paragraphs [0005]-[0021]	2, 3, 5-10
Y	CN 105033419 A (BEIJING INSTITUTE OF PETROCHEMICAL TECHNOLOGY) 11 November 2015 (11.11.2015) see claim 8	9, 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	
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"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
"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	"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
29 July 2016Date of mailing of the international search report  
18 August 2016Name 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) 62019451Authorized officer  
SUN, Yingchun  
Telephone No. (86-10) 010-62085459

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/CN2015/095306

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category <sup>*</sup>	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11342473 A (DAIHEN CORP et al.) 14 December 1999 (14.12.1999) the whole document	1-15
A	KR 1019870002164 B I (DAEWOO HEAVY IND. CO.) 14 December 1987 (14.12.1987) the whole document	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT  
Information on patent family members

International application No.  
PCT/CN201 5/095306

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 104588839 A	06 May 2015	None	
CN 102430841 A	02 May 2012	None	
CN 105033419 A	11 November 2015	None	
JP 11342473 A	14 December 1999	JP H I 1342473 A	14 December 1999
KR 1019870002164 B I	14 December 1987	None	

<p>A. 主题的分类</p> <p>B23K 9/127 (2006. 01) i; B23K 9/167 (2006. 01) i</p> <p>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</p>																																	
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)</p> <p>B23K9 ; B25J</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>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))</p> <p>CNABS;VEN ,CNKI :在线, 检查, 检测, 机械臂, 机器人, 编程, 激光, online, test???, check???, detect???, manipulator?, robot?, programm???, laser</p>																																	
<p>C. 相关文件</p> <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>X</td> <td>CN 104588839 A (山西平阳重工机械有限责任公司) 2015 年 5 月 6 日 (2015 - 05 - 06) 参见说明书第 0023-0030 段、附图 3</td> <td>1, 4</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 104588839 A (山西平阳重工机械有限责任公司) 2015 年 5 月 6 日 (2015 - 05 - 06) 参见说明书第 0023-0030 段、附图 3</td> <td>2-3, 5-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 102430841 A (昆山工研院工业机器人研究所有限公司) 2012 年 5 月 2 日 (2012 - 05 - 02) 参见说明书第 0005-0021 段</td> <td>2-3, 5-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 105033419 A (北京石油化工学院) 2015 年 11 月 11 日 (2015 - 11 - 11) 参见权利要求 8</td> <td>9-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 11342473 A (DAIHEN CORP等) 1999 年 12 月 14 日 (1999 - 12 - 14) 全文</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>KR 1019870002164 BI (DAEWOO HEAVY IND. CO.) 1987 年 12 月 14 日 (1987 - 12 - 14) 全文</td> <td>1-15</td> </tr> </tbody> </table> <p><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。</p> <p>* 引用文件的具体类型:</p> <table border="0"> <tr> <td>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</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</td> </tr> <tr> <td>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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)</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</td> <td>“&amp;” 同族专利的文件</td> </tr> <tr> <td>“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></td> </tr> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 104588839 A (山西平阳重工机械有限责任公司) 2015 年 5 月 6 日 (2015 - 05 - 06) 参见说明书第 0023-0030 段、附图 3	1, 4	Y	CN 104588839 A (山西平阳重工机械有限责任公司) 2015 年 5 月 6 日 (2015 - 05 - 06) 参见说明书第 0023-0030 段、附图 3	2-3, 5-10	Y	CN 102430841 A (昆山工研院工业机器人研究所有限公司) 2012 年 5 月 2 日 (2012 - 05 - 02) 参见说明书第 0005-0021 段	2-3, 5-10	Y	CN 105033419 A (北京石油化工学院) 2015 年 11 月 11 日 (2015 - 11 - 11) 参见权利要求 8	9-10	A	JP 11342473 A (DAIHEN CORP等) 1999 年 12 月 14 日 (1999 - 12 - 14) 全文	1-15	A	KR 1019870002164 BI (DAEWOO HEAVY IND. CO.) 1987 年 12 月 14 日 (1987 - 12 - 14) 全文	1-15	“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件	“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	“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利	“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	“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)	“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	“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件	“&” 同族专利的文件	“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	
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																															
X	CN 104588839 A (山西平阳重工机械有限责任公司) 2015 年 5 月 6 日 (2015 - 05 - 06) 参见说明书第 0023-0030 段、附图 3	1, 4																															
Y	CN 104588839 A (山西平阳重工机械有限责任公司) 2015 年 5 月 6 日 (2015 - 05 - 06) 参见说明书第 0023-0030 段、附图 3	2-3, 5-10																															
Y	CN 102430841 A (昆山工研院工业机器人研究所有限公司) 2012 年 5 月 2 日 (2012 - 05 - 02) 参见说明书第 0005-0021 段	2-3, 5-10																															
Y	CN 105033419 A (北京石油化工学院) 2015 年 11 月 11 日 (2015 - 11 - 11) 参见权利要求 8	9-10																															
A	JP 11342473 A (DAIHEN CORP等) 1999 年 12 月 14 日 (1999 - 12 - 14) 全文	1-15																															
A	KR 1019870002164 BI (DAEWOO HEAVY IND. CO.) 1987 年 12 月 14 日 (1987 - 12 - 14) 全文	1-15																															
“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件	“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																																
“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利	“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																																
“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)	“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																																
“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件	“&” 同族专利的文件																																
“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																																	
国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期																																
2016 年 7 月 29 日	2016 年 8 月 18 日																																
ISA/CN 的名称和邮寄地址	授权官员																																
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	孙迎椿																																
传真号 (86-10) 62019451	电话号码 (86-10) 010-62085459																																

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2015/095306

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	104588839	A	2015年5月6日	无	
CN	102430841	A	2012年5月20日	无	
CN	105033419	A	2015年11月11日	无	
JP	11342473	A	1999年12月14日	JP HI 1342473	A 1999年12月14日
KR	1019870002164	BI	1987年12月14日	无	