

(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
2025 年 5 月 8 日 (08.05.2025)



(10) 国际公布号
WO 2025/093046 A1

(51) 国际专利分类号:
G01N 29/06 (2006.01) **G01N 29/44** (2006.01)

GROUP CO., LTD.) [CN/CN]; 中国北京市海淀区复兴路17号国海广场2号楼(B座) 100036 (CN)。

(21) 国际申请号: PCT/CN2024/131584

(22) 国际申请日: 2024 年 11 月 12 日 (12.11.2024)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202311459857.5 2023年11月3日 (03.11.2023) CN

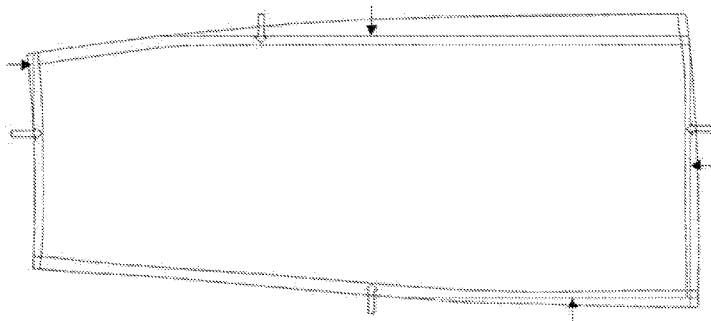
(71) 申请人: 中建材(上海)航空技术有限公司(**CNBM (SHANGHAI) AVIATION TECHNOLOGY CO., LTD.**) [CN/CN]; 中国上海市浦东新区中国(上海)自由贸易试验区临港新片区业盛路188号450室 201306 (CN)。中国建材集团有限公司(**CHINA NATIONAL BUILDING MATERIAL**

(72) 发明人: 陈淳(**CHEN, Chun**); 中国上海市浦东新区中国(上海)自由贸易试验区临港新片区业盛路188号450室 201306 (CN)。高仪山(**GAO, Yishan**); 中国上海市浦东新区中国(上海)自由贸易试验区临港新片区业盛路188号450室 201306 (CN)。齐磊(**QI, Lei**); 中国上海市浦东新区中国(上海)自由贸易试验区临港新片区业盛路188号450室 201306 (CN)。郑斯宇(**ZHENG, Siyu**); 中国上海市浦东新区中国(上海)自由贸易试验区临港新片区业盛路188号450室 201306 (CN)。赵洪宝(**ZHAO, Hongbao**); 中国上海市浦东新区中国(上海)自由贸易试验区临港新片区业盛路188号450室 201306 (CN)。

(54) Title: ULTRASONIC INSPECTION METHOD AND SYSTEM

(54) 发明名称: 一种超声检测方法和系统

[图5]



(57) Abstract: An ultrasonic inspection method and system, which relate to the technical field of ultrasonic inspection. The ultrasonic inspection method comprises: marking a first area on a part entity, wherein the first area is an area which cannot be inspected by means of an automatic scanning device or an area that needs to be scanned in a second scanning mode, and the area that needs to be scanned in the second scanning mode covers the area which cannot be inspected by means of the automatic scanning device; and performing automatic scanning on an area of the part entity that can be inspected by means of automatic scanning, and scanning the first area in the second scanning mode, thereby completing the scanning inspection for the whole part entity. Therefore, when an existing automatic scanning area is limited, ultrasonic automatic inspection for an oversized part can be realized, it is not necessary to manually inspect the whole part, and it is also not necessary to customize a larger automatic scanning device, thereby reducing the costs and achieving high efficiency.

(57) 摘要: 一种超声检测方法和系统, 涉及超声检测技术领域。超声检测方法包括: 在零件实体标记出第一区域, 第一区域为自动化扫描设备不可检测的区域或需要进行第二扫描方式扫描的区域, 需要进行第二扫描方式扫描的区域是覆盖自动化扫描设备不可检测的区域的; 对零件实体的自动化扫描可检测的区域进行自动化扫描, 对第一区域进行第二扫描方式扫描, 从而完成整个零件实体的扫描检测。能够在现有自动化扫描区域有限的条件下实现超大尺寸零件的超声自动化检测, 无需手动检测整个零件, 也无需订制更大的自动化扫描设备, 节省成本且高效。

WO 2025/093046 A1

(74) 代理人: 上海恒锐佳知识产权代理事务所 (普通合伙) (SHANGHAI IFUTURE INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM); 中国上海市浦东新区申江路 5709 号、秋月路 26 号 1 幢 4 层 E-1 室 201203 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))。
- 在修改权利要求的期限届满之前进行, 在收到该修改后将重新公布(细则48.2(h))。
- 包括关于请求恢复一项或多项优先权要求的信息(细则26之二.3和48.2(b)(vii))。

发明名称: 一种超声检测方法和系统

交叉引用

[0001] 本申请要求2023年11月03日提交的申请号为2023114598575的中国申请的优先权。上述申请的内容以引用方式被包含于此。

技术领域

[0002] 本申请涉及超声检测技术领域，尤其涉及超声检测方法和系统。

背景技术

[0003] 为了探测零件内部是否有分层、脱粘、夹杂物和孔隙等质量问题，需要对零件进行扫描检测。

[0004] 如图1和图2，图2是图1的主视图，申请人生产的8m级双曲壁板高度约为4m左右，现有检测设备Z向最大检测范围为3.6m，且由于零件上下边缘均为双曲结构，为保证两侧喷嘴垂直于零件表面，设备需要一定的转头空间(转头如图3、图4的对比，图中阴影部分的移动范围为 z_0 ，由于不同零件的表面曲面不同，对不同零件的转头角度不同，图3的可检测空间 z_1 比图4的可检测空间 z_2 大)，对于图1的双曲壁板实际可检测空间仅为约3.2m(ZA为设备有效检测空间上限，ZB为设备有效检测空间下限)，这就更说明了现有检测设备的局限性。

[0005] 由于项目需求，要对该零件进行超声检测，检查零件内部缺陷情况，为工艺研发提供指导。如果外协检测，费用高昂，且目前市场上并无合适的供应商可以实现该检测。如果定制新设备，成本太高，且周期过长。

[0006] 若采用便携式超声波探伤仪进行手动检测整个零件，效率太低，且可靠性差。故如何在现有条件下实现超大尺寸双曲壁板的超声自动穿透法C扫描检测，如何利用自动化扫描设备对过大的零件进行超声检测，成为必需解决的技术问题。

发明内容

[0007] 本申请的目的在于提供一种超声检测方法和系统，以解决如何利用自动化扫描设备对过大的零件进行超声检测的技术问题。

- [0008] 为实现上述目的，本申请实施例采取了如下技术方案。
- [0009] 第一方面，本申请实施例提供一种超声检测方法，用于待扫描的零件实体不能完全放入自动化扫描可检测的区域的情况，所述超声检测方法包括：
- [0010] 在零件实体标记出第一区域；所述第一区域为自动化扫描设备不可检测的区域或需要进行第二扫描方式扫描的区域；需要进行第二扫描方式扫描的区域是覆盖自动化扫描设备不可检测的区域的；
- [0011] 对零件实体的自动化扫描可检测的区域进行自动化扫描；
- [0012] 对所述第一区域进行第二扫描方式扫描。
- [0013] 可选地，在零件实体标记出第一区域的步骤包括：
- [0014] 在扫描检测软件中固定零件数模与工装数模的相对位置；所述零件数模是所述零件实体的数模，所述工装数模是工装实体的数模；
- [0015] 根据所述零件数模与初始预估可检测空间，建立初始扫查数模；
- [0016] 根据所述初始扫查数模，进行自动化扫描的路径模拟规划；
- [0017] 根据自动化扫描的路径模拟规划的情况，判断是否需要调整所述初始扫查数模；
- [0018] 若是，则对所述初始扫查数模进行调整，得到最终扫查数模；若否，则将所述初始扫查数模作为最终扫查数模；
- [0019] 根据所述最终扫查数模，在零件实体标记出所述第一区域。
- [0020] 可选地，根据所述零件数模与初始预估可检测空间，建立初始扫查数模的步骤包括：
- [0021] 用所述初始预估可检测空间的边界切分所述零件数模，根据所述零件数模在所述初始预估可检测空间内的部分建立所述初始扫查数模。
- [0022] 可选地：
- [0023] （1）在根据所述最终扫查数模，在零件实体标记出所述第一区域的步骤之前，所述超声检测方法还包括：
- [0024] 在所述零件实体标记出实体参考点；
- [0025] 在所述零件数模标记出数模参考点；

- [0026] 所述实体参考点在所述零件实体的位置与所述数模参考点在所述零件数模的位置一致；
- [0027] (2) 根据所述最终扫描数模，在零件实体标记出所述第一区域的步骤包括：
- [0028] 用工装实体装夹并固定所述零件实体，以使所述实体参考点相对于工装实体坐标系的坐标与所述数模参考点相对于所述工装数模坐标系的坐标之差小于预设阈值；所述工装实体坐标系对应所述工装数模坐标系；
- [0029] 在用工装实体装夹并固定所述零件实体之后，根据所述最终扫描数模，在所述零件实体标记出所述第一区域。
- [0030] 可选地，用工装实体装夹并固定所述零件实体的步骤包括：
- [0031] 用工装实体对所述零件实体进行初始装夹，得到初始装夹状态的所述实体参考点相对于工装实体坐标系的初始坐标；
- [0032] 根据所述初始坐标与所述数模参考点相对于所述工装数模坐标系的坐标的差值，调整所述工装实体对所述零件实体的装夹，以使所述实体参考点相对于工装实体坐标系的坐标与所述数模参考点相对于所述工装数模坐标系的坐标之差小于预设阈值。
- [0033] 可选地，所述实体参考点的数量为3个，所述数模参考点的数量为3个。
- [0034] 可选地，根据自动化扫描的路径模拟规划的情况，判断是否需要调整所述初始扫描数模的步骤包括：
- [0035] 步骤A. 若自动化扫描的路径模拟所能扫描的区域小于初始扫描数模，则将所述初始扫描数模的边界向内缩减，根据新的边界得到减少后的初始扫描数模；
- [0036] 循环执行所述步骤A，直到自动化扫描的路径模拟所能扫描的区域能包含所述初始扫描数模，将此时的初始扫描数模作为最终扫描数模。
- [0037] 可选地，根据自动化扫描的路径模拟规划的情况，判断是否需要调整所述初始扫描数模的步骤包括：
- [0038] 步骤B. 若自动化扫描的路径模拟所能扫描的区域大于初始扫描数模，则将所述初始扫描数模的边界向外扩大，根据新的边界得到增加后的初始扫描数模；
- [0039] 循环执行所述步骤B，直到自动化扫描的路径模拟所能扫描的区域不能包含所述初始扫描数模，将上一次循环步骤B中的初始扫描数模作为最终扫描数模。

- [0040] 可选地，在根据所述最终扫查数模，在零件实体标记出所述第一区域之后，且在对零件实体的自动化扫描可检测的区域进行自动化扫描之前，所述超声检测方法还包括：
- [0041] 进行空运行的扫描，确定扫描过程中喷嘴间距正常。
- [0042] 第二方面，本申请实施例提供一种超声检测系统，用于实现第一方面的超声检测方法，所述超声检测系统包括：
- [0043] 标记工具，用于在零件实体标记出所述第一区域；所述第一区域为自动化扫描设备不可检测的区域或需要进行第二扫描方式扫描的区域；
- [0044] 自动化扫描设备，用于对零件实体的自动化扫描可检测的区域进行自动化扫描；
- [0045] 第二扫描方式扫描设备，用于对所述第一区域进行第二扫描方式扫描。
- [0046] 相对于现有技术，本申请具有以下有益效果：
- [0047] 本申请实施例提供的超声检测方法和设备，将零件实体划分为两种区域，一个区域是原本自动化扫描能完成扫描的区域，剩余的区域用自动化扫描以外的方式完成，就能完成整个零件实体的扫描检测。能够在现有自动化扫描区域有限的条件下实现超大尺寸零件的超声自动化检测，无需手动检测整个零件，也无需订制更大的自动化扫描设备，节省成本且高效。

附图说明

- [0048] 为了更清楚地说明本申请实施例的技术方案，下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍，应当理解，以下附图仅示出了本申请的某些实施例，因此不应被看作是对范围的限定，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他相关的附图。
- [0049] 图1为现有扫描设备不能扫描整个零件的示意图；
- [0050] 图2为图1的正视图；
- [0051] 图3、图4为不同零件的可检测区域的对比；
- [0052] 图5为本申请实施例提供的一种自动化扫描不可检测区域边界和第二扫描方式扫描补充检测区域边界示意图。

具体实施方式

- [0053] 为使本申请实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，所描述的实施例是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。通常在此处附图中描述的本申请实施例的组件可以以各种不同的配置来布置和设计。
- [0054] 因此，以下对附图中提供的本申请的实施例的详细描述并非旨在限制要求保护的本申请的范围，而是仅仅表示本申请的选定实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本申请保护的范围。在不冲突的情况下，下述的实施例及实施例中的特征可以相互组合。
- [0055] 在本申请的描述中，需要说明的是，诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来，而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。术语“连接”应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或一体地连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连。
- [0056] 在现有自动化扫描区域有限的条件下，无法实现超大尺寸零件的超声自动穿透法C扫描检测。
- [0057] 为了克服以上问题，本申请实施例提供了一种超声检测方法，用于待扫描的零件实体不能完全放入自动化扫描可检测的区域的情况，超声检测方法包括以下步骤(本申请对步骤的顺序不限定，只要符合逻辑实现的步骤排列方式都可以)：
- [0058] 在零件实体标记出第一区域(第一区域可以是自动化扫描设备不可检测的区域，也可以是需要进行第二扫描方式扫描的区域；需要进行第二扫描方式扫描的区域是覆盖自动化扫描设备不可检测的区域的，可以是更大的一个区域，以确保扫描整个零件实体；第二扫描方式扫描是独立于自动化扫描以外的方式，来克服自动化扫描设备无法扫描整个零件的不足)；
- [0059] 通过自动化扫描设备对零件实体的自动化扫描可检测的区域进行自动化扫描；
- [0060] 对第一区域进行第二扫描方式扫描。

- [0061] 第一区域和自动化扫描可检测的区域相加，就覆盖了整个零件实体，就能完成整个零件实体的扫描检测。自动化扫描设备可以采用穿透法、脉冲反射法或相控阵技术等的自动化检测/扫描，后序在分析检测数据时可以按C扫描方式显示，也可以在某点以A扫显示，或者选择某个截面，以B扫显示。第二扫描方式可以是手动A扫描、手动C扫描或者手动相控阵检测的方法其中的一种，手动可以由技术人员完成，还可以由机器人或其他自动化设备完成。
- [0062] 在一个实施例中，本方案能够在现有自动化扫描区域有限的条件下实现超大尺寸零件的超声自动穿透法C扫描检测。无需手动检测整个零件，也无需订制更大的自动化扫描设备，节省成本且高效，这是本申请的有益效果所在。
- [0063] 对于“在零件实体标记出第一区域”这个步骤，可以利用扫描检测软件找出第一区域，可以参考图1至图4，曲面代表待扫描的零件实体，除了零件以外，图中方块组成的部分代表扫描设备的工装实体，在扫描检测软件中建立形状和尺寸对应的零件数模和工装数模(数模指软件中的数字化三维模型，可以是一种点云的形式)，然后实施如下：
- [0064] 在扫描检测软件中固定零件数模与工装数模的相对位置(零件数模是零件实体的数模，工装数模是工装实体的数模)；
- [0065] 根据零件数模与初始预估可检测空间，建立初始扫查数模(例如，用初始预估可检测空间的边界切分零件数模，就像框出零件数模的一部分，零件数模在初始预估可检测空间内的部分作为初始扫查数模)；
- [0066] 根据初始扫查数模，进行自动化扫描的路径模拟规划；
- [0067] 根据自动化扫描的路径模拟规划的情况，判断是否需要调整初始扫查数模(因为初始预估可检测空间可能是不准的，导致初始扫查数模有些部分可能不能被扫描到，那么需要用更小的范围来框出零件数模作为最终扫查数模)；
- [0068] 若是，则对初始扫查数模进行调整，得到最终扫查数模；若否，则将初始扫查数模作为最终扫查数模；
- [0069] 由此，根据扫描检测软件中的最终扫查数模，就可以在零件实体标记出第一区域了。

- [0070] “在扫描检测软件中固定零件数模与工装数模的相对位置”这个步骤需要注意的是：
- [0071] (1)相对于工装数模的位置，有一个初始预估可检测空间，“初始预估可检测空间”可以是一个预先定义好的空间，例如图1中的平面ZA与ZB之间的3200mm高的空间，但它不是真正的可检测空间；真正的可检测空间可以比“初始预估可检测空间”大，也可以比“初始预估可检测空间”小。即，预先定义好的空间可以是(a)明显比真正的可检测空间大的，也可以是(b)明显比真正的可检测空间小的。最简单的方式是直接把最大可检测的空间(即图3中的 z_0)作为“初始预估可检测空间”。
- [0072] (2)让零件数模尽可能多地放入“初始预估可检测空间”，这样后续尽可能多的部分就可以通过自动化扫描完成。但是不需要取最理想的位置，“尽可能多”是优选的方式。比如最理想的情况下，零件的90%可以放入初始预估可检测空间，实际实施中80%放入就足够了，但是如果只有50%则是不利的。
- [0073] 对应于上述(a) (b)两种实施方式，“根据自动化扫描的路径模拟规划的情况，判断是否需要调整初始扫描数模”这个步骤也有两种：
- [0074] (a) 步骤A. 若自动化扫描的路径模拟所能扫描的区域小于初始扫描数模，则将初始扫描数模的边界向内缩减，根据新的边界得到减少后的初始扫描数模；
- [0075] 循环执行步骤A，直到自动化扫描的路径模拟所能扫描的区域能包含初始扫描数模，将此时的初始扫描数模作为最终扫描数模。
- [0076] (b) 步骤B. 若自动化扫描的路径模拟所能扫描的区域大于初始扫描数模，则将初始扫描数模的边界向外扩大，根据新的边界得到增加后的初始扫描数模；
- [0077] 循环执行步骤B，直到自动化扫描的路径模拟所能扫描的区域不能包含初始扫描数模，将上一次循环步骤B中的初始扫描数模作为最终扫描数模。
- [0078] 得到最终扫描数模之后，就确定了零件的这一部分是能被扫描检测的，就可以在零件实体标注边界了。标注的边界可以是对应于最终扫描数模的边界的相同边界，也可以是略大于最终扫描数模的边界的，这样可以确保第二扫描方式扫描能够覆盖未能自动化扫描的区域。

- [0079] 为了确保“零件实体与工装实体的相对位置关系”能够与“零件数模与工装数模的相对位置关系”一致，可以通过在零件上标注参考点、参考点相对于工装坐标系的坐标来确定，具体如下：
- [0080] 在零件实体标记出实体参考点，在零件数模标记出数模参考点，实体参考点在零件实体的位置与数模参考点在零件数模的位置一致；参考点的数量可以选择3个，3个参考点能够准确定位一个复杂曲面的零件。
- [0081] 用工装实体装夹并固定零件实体时，使实体参考点相对于工装实体坐标系的坐标与数模参考点相对于工装数模坐标系的坐标之差小于预设阈值(例如5mm)；工装实体坐标系对应工装数模坐标系；在用工装实体装夹并固定零件实体之后，根据最终扫查数模，在零件实体标记出第一区域。
- [0082] 用工装实体装夹并固定零件实体不一定是一次性装夹完成的，可能是先进行一个初始装夹，然后调整位置，最终装夹固定，过程可以如下：
- [0083] 用工装实体对零件实体进行初始装夹，得到初始装夹状态的实体参考点相对于工装实体坐标系的初始坐标；
- [0084] 根据初始坐标与数模参考点相对于工装数模坐标系的坐标的差值，调整工装实体对零件实体的装夹，以使实体参考点相对于工装实体坐标系的坐标与数模参考点相对于工装数模坐标系的坐标之差小于预设阈值。
- [0085] 装夹完成之后，为了确保位置准确，可以先进行空运行的扫描，确定扫描过程中喷嘴间距正常。确定扫查过程中喷嘴间距正常之后，再进行自动化扫描。
- [0086] 综合上述可选的实施方式，一个完成的可选流程如下：
- [0087] 在扫描检测软件中固定零件数模与工装数模的相对位置，且让零件数模尽量多地放入“初始预估可检测空间”；
- [0088] 用初始预估可检测空间的边界切分零件数模，根据零件数模在初始预估可检测空间内的部分建立初始扫查数模；
- [0089] 在预估的可检测的空间内的零件实体标记出实体参考点，在预估的可检测的空间内的零件数模上取数模参考点，实体参考点和数模参考点是一一对应的参考点，而且数模参考点也位于初始扫查数模的范围上(这个零件尺寸过大，如果选择边缘处的角点为数模参考点，设备无法把探针移动到对应零件实体的实体参

考点位置进行坐标采集。所以数模参考点需要在设备探针能触及的空间内的位置中选择和设置，才能实现零件定位以及检测；另一方面，可以取3个相互间距尽量大的点作为参考点，这样能最大程度代表零件的实际位置；例如可以用以下方式选择起点、终点、顶点作为3个参考点：选取X轴值较小、Z轴值较低的一个点为起点，选取X轴值较大、Z轴值较低的一个点为终点，选取X轴值在起点和终点之间，Z轴值较高的一个点为顶点）；

- [0090] 根据初始扫查数模，进行自动化扫描的路径模拟规划；
- [0091] 根据自动化扫描的路径模拟规划的情况，判断是否需要调整初始扫查数模；
- [0092] 若是，则对初始扫查数模进行调整，得到最终扫查数模；若否，则将初始扫查数模作为最终扫查数模；
- [0093] 对零件实体装夹前，根据最终扫查数模的边界，在零件实体标记出第一区域；
- [0094] 对零件实体装夹，即固定零件，之后通过取点探针采集定位实体参考点坐标，根据实体参考点与数模参考点的偏差适当调节零件的姿态；
- [0095] 确定实体参考点与数模参考点的偏差合格之后，以较大的喷嘴距离零件实体表面的设定距离和较大的步进，进行空运行扫描，确定扫描过程中喷嘴距离零件实体表面的距离合格，且不发生碰撞等；
- [0096] 设置检测参数，包括扫描速度、喷水流量、用正常的喷嘴距离零件实体表面的设定距离和步进，然后根据检测参数完成自动化扫描；
- [0097] 对自动化扫描可检测区域以外的部分，按照标记的位置，外扩至少50mm进行手动脉冲反射法A扫描检测，最终实现该零件的100%检测，如图5，单箭头指示处为自动化扫描不可检测区域边界，双箭头标记处为A扫描补充检测区域边界。
- [0098] 基于上述实施例，本申请实施例还提供一种超声检测系统，用于实现上述的超声检测方法，超声检测系统包括：
- [0099] 标记工具，用于在零件实体标记出第一区域；第一区域为自动化扫描设备不可检测的区域或需要进行第二扫描方式扫描的区域；标记工具可以是尺子、记号笔，采用尺子量取，记号笔手工标记；也可以采用专用的设备例如激光投影设备进行轮廓线的投影，按照投影线在零件表面进行标记。

- [0100] 自动化扫描设备，用于对零件实体的自动化扫描可检测的区域进行自动化扫描；
- [0101] 第二扫描方式扫描设备，用于对第一区域进行第二扫描方式扫描。
- [0102] 总体来说，本申请提出了一种超声检测方法和系统，在设备受限条件下，应用本申请的实施例能够实现8m级大尺寸双曲壁板零件大部分区域的超声自动化穿透法C扫检测，为公司节约了外协检测和设备改造/采购成本，提高了检测效率，保证了检测质量。
- [0103] 以上所描述的装置及系统实施例仅仅是示意性的，可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部模块来实现本实施例方案的目的。本领域普通技术人员在不付出创造性劳动的情况下，即可以理解并实施。
- [0104] 以上仅为本申请较佳的具体实施方式，但本申请的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内，可轻易想到的变化或替换，都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此，本申请的保护范围应该以权利要求的保护范围为准。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种超声检测方法，其特征在于，用于待扫描的零件实体不能完全放入自动化扫描可检测的区域的情况，所述超声检测方法包括：
在零件实体标记出第一区域；所述第一区域为自动化扫描设备不可检测的区域或需要进行第二扫描方式扫描的区域；需要进行第二扫描方式扫描的区域是覆盖自动化扫描设备不可检测的区域的；
对零件实体的自动化扫描可检测的区域进行自动化扫描；
对所述第一区域进行第二扫描方式扫描。
- [权利要求 2] 如权利要求1所述的扫描检测方法，其特征在于，在零件实体标记出第一区域的步骤包括：
在扫描检测软件中固定零件数模与工装数模的相对位置；所述零件数模是所述零件实体的数模，所述工装数模是工装实体的数模；
根据所述零件数模与初始预估可检测空间，建立 初始扫查数模；
根据所述初始扫查数模，进行自动化扫描的路径模拟规划；
根据自动化扫描的路径模拟规划的情况，判断是否需要调整所述初始扫查数模；
若是，则对所述初始扫查数模进行调整，得到 最终扫查数模；若否，则将所述初始扫查数模作为最终扫查数模；
根据所述最终扫查数模，在零件实体标记出所述第一区域。
- [权利要求 3] 如权利要求2所述的超声检测方法，其特征在于， 根据所述零件数模与初始预估可检测空间，建立初始扫查数模的步骤包括：
用所述初始预估可检测空间的边界切分所述零件数模，根据所述零件数模在所述初始预估可检测空间内的部分建立所述初始扫查数模。
- [权利要求 4] 如权利要求2所述的超声检测方法，其特征在于：
在根据所述最终扫查数模，在零件实体标记出所述第一区域的步骤之前，所述超声检测方法还包括：
在所述零件实体标记出实体参考点；

在所述零件数模标记出数模参考点；

所述实体参考点在所述零件实体的位置与所述数模参考点在所述零件数模的位置一致；

根据所述最终扫查数模，在零件实体标记出所述第一区域的步骤包括：

用工装实体装夹并固定所述零件实体，以使所述实体参考点相对于工装实体坐标系的坐标与所述数模参考点相对于工装数模坐标系的坐标之差小于预设阈值；所述工装实体坐标系对应所述工装数模坐标系；

在用工装实体装夹并固定所述零件实体之后，根据所述最终扫查数模，在所述零件实体标记出所述第一区域。

[权利要求 5]

如权利要求4所述的超声检测方法，其特征在于，用工装实体装夹并固定所述零件实体的步骤包括：

用工装实体对所述零件实体进行初始装夹，得到初始装夹状态的所述实体参考点相对于工装实体坐标系的初始坐标；

根据所述初始坐标与所述数模参考点相对于所述工装数模坐标系的坐标的差值，调整所述工装实体对所述零件实体的装夹，以使所述实体参考点相对于工装实体坐标系的坐标与所述数模参考点相对于所述工装数模坐标系的坐标之差小于预设阈值。

[权利要求 6]

如权利要求4所述的超声检测方法，其特征在于，所述实体参考点的数量为3个，所述数模参考点的数量为3个。

[权利要求 7]

如权利要求2所述的超声检测方法，其特征在于，根据自动化扫描的路径模拟规划的情况，判断是否需要调整所述初始扫查数模的步骤包括：

步骤A. 若自动化扫描的路径模拟所能扫描的区域小于初始扫查数模，则将所述初始扫查数模的边界向内缩减，根据新的边界得到减少后的初始扫查数模；

循环执行所述步骤A，直到自动化扫描的路径模拟所能扫描的区域能包含所述初始扫查数模，将此时的初始扫查数模作为最终扫查数模。

[权利要求 8]

如权利要求2所述的超声检测方法，其特征在于，根据自动化扫描的路径模拟规划的情况，判断是否需要调整所述初始扫查数模的步骤包括：

步骤B. 若自动化扫描的路径模拟所能扫描的区域大于初始扫查数模，则将所述初始扫查数模的边界向外扩大，根据新的边界得到增加后的初始扫查数模；

循环执行所述步骤B，直到自动化扫描的路径模拟所能扫描的区域不能包含所述初始扫查数模，将上一次循环步骤B中的初始扫查数模作为最终扫查数模。

[权利要求 9]

如权利要求2所述的超声检测方法，其特征在于，在根据所述最终扫查数模，在零件实体标记出所述第一区域之后，且在对零件实体的自动化扫描可检测的区域进行自动化扫描之前，所述超声检测方法还包括：

进行空运行的扫描，确定扫描过程中喷嘴距离零件实体表面的距离正常。

[权利要求 10]

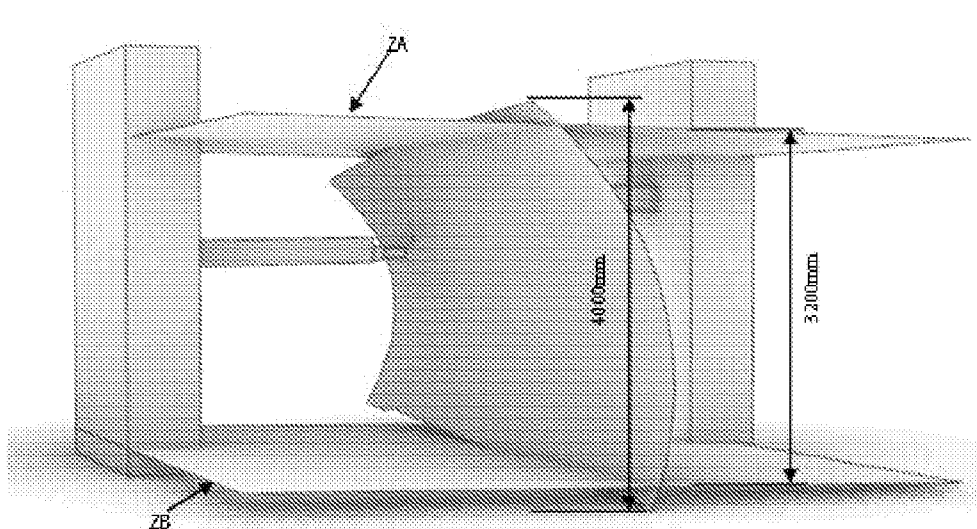
一种超声检测系统，其特征在于，用于实现权利要求1-9中任一项所述的超声检测方法，所述超声检测系统包括：

标记工具，用于在零件实体标记出所述第一区域；所述第一区域为自动化扫描设备不可检测的区域或需要进行第二扫描方式扫描的区域；

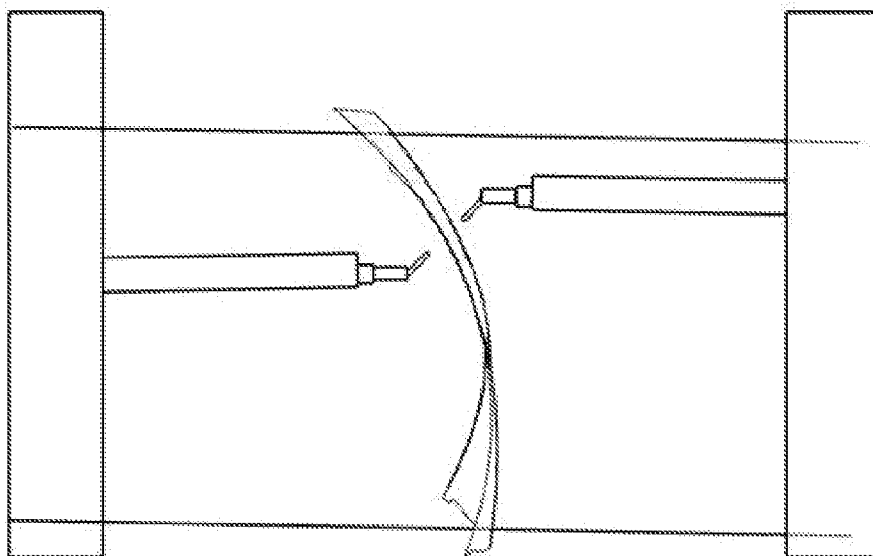
自动化扫描设备，用于对零件实体的自动化扫描可检测的区域进行自动化扫描；

第二扫描方式扫描设备，用于对所述第一区域进行第二扫描方式扫描。

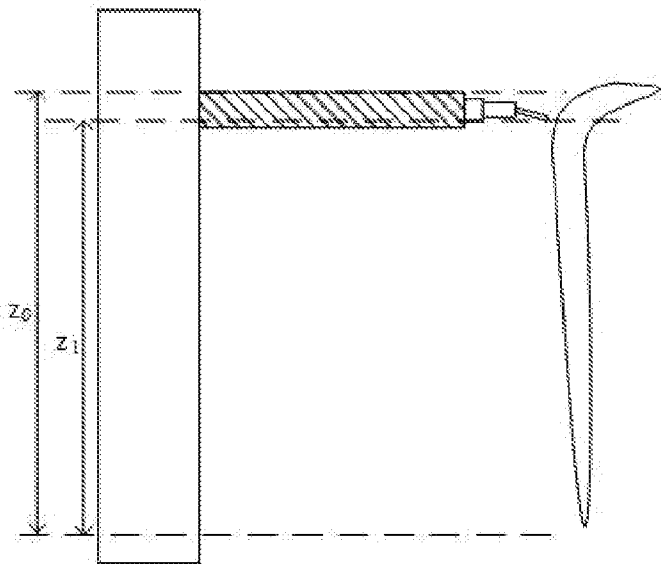
[图1]



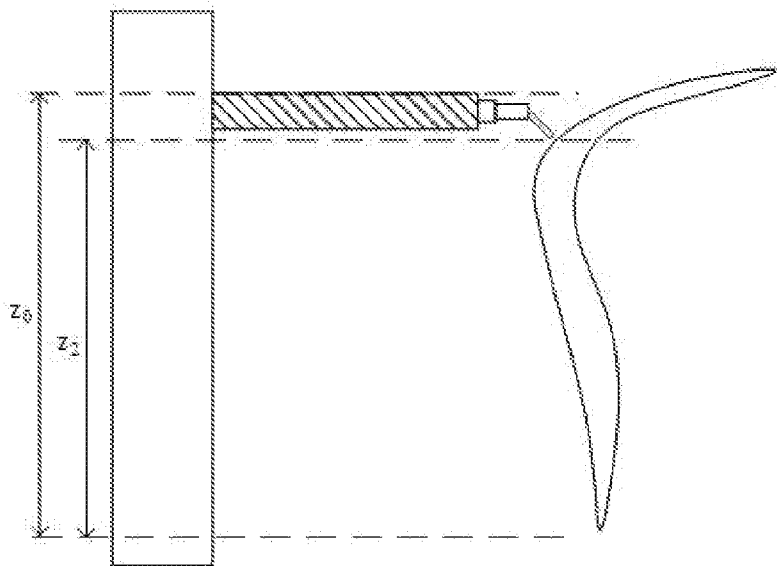
[图2]



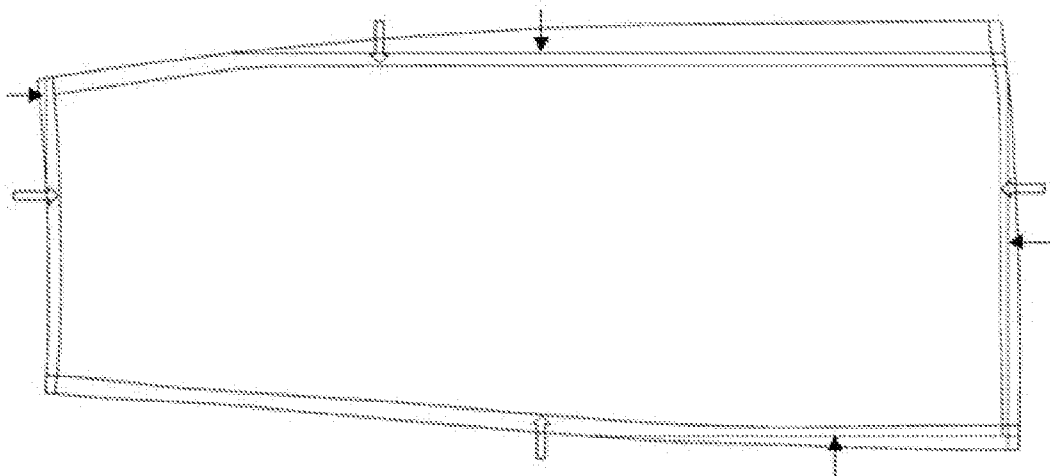
[图3]



[图4]



[图5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2024/131584

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N29/06(2006.01)i; G01N29/44(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)

IPC: G01N29

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, CNTXT, DWPI, WPABS, WPABSC, ENTXT, ENTXTC: 超声, 超大, 过大, 大型, 标记, 扫描, ultrasound, ultrasonic, supersonic, supersonic, extra, large, huge, big, oversize, excessive, mark+, sign+, scan+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 110824009 A (AIR FORCE ENGINEERING UNIVERSITY OF PLA) 21 February 2020 (2020-02-21) claims 1-8, description, paragraphs 0045-0062, and figures 1-10	1-10
Y	JP 2001330592 A (SANYO SPECIAL STEEL CO., LTD.) 30 November 2001 (2001-11-30) description, paragraph [0002]	1-10
Y	CN 108760887 A (QI SONGLIN) 06 November 2018 (2018-11-06) claims 1-9, description, paragraphs 0001-0074, and figures 1-2	2-9
PX	CN 117491500 A (CNBM (SHANGHAI) AVIATION TECHNOLOGY CO., LTD. et al.) 02 February 2024 (2024-02-02) claims 1-10, description, paragraphs 0055-0102, and figures 1-5	1-10
Y	JP H0954067 A (ISHIKAWAJIMA-HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO., LTD.) 25 February 1997 (1997-02-25) description, paragraphs 0002-0004	1-10
A	CN 115494152 A (SHAOXING BAOJING COMPOSITE MATERIAL CO., LTD. et al.) 20 December 2022 (2022-12-20) 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

“D” document cited by the applicant in the international application

“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

03 March 2025

Date of mailing of the international search report

03 March 2025

Name and mailing address of the ISA/CN

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2024/131584

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	110824009	A	21 February 2020	None	
JP	2001330592	A	30 November 2001	None	
CN	108760887	A	06 November 2018	None	
CN	117491500	A	02 February 2024	None	
JP	H0954067	A	25 February 1997	None	
CN	115494152	A	20 December 2022	None	

国际检索报告		国际申请号 PCT/CN2024/131584
A. 主题的分类 G01N29/06(2006.01)i; G01N29/44(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) IPC: G01N29 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)) CNABS, CNTXT, DWPI, WPABS, WPABSC, ENTXT, ENTXTC: 超声, 超大, 过大, 大型, 标记, 扫描, ultrasound, ultrasonic, supersonic, supersonic, extra, large, huge, big, oversize, excessive, mark+, sign+, scan+		
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
Y	CN 110824009 A (中国人民解放军空军工程大学) 2020年2月21日 (2020 - 02 - 21) 权利要求1-8、说明书第0045-0062段及附图1-10	1-10
Y	JP 2001330592 A (SANYO SPECIAL STEEL CO LTD) 2001年11月30日 (2001 - 11 - 30) 说明书第0002段	1-10
Y	CN 108760887 A (漆松林) 2018年11月6日 (2018 - 11 - 06) 权利要求1-9、说明书第0001-0074段及附图1-2	2-9
PX	CN 117491500 A (中建材(上海)航空技术有限公司等) 2024年2月2日 (2024 - 02 - 02) 权利要求1-10、说明书第0055-0102段及附图1-5	1-10
Y	JP H0954067 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND) 1997年2月25日 (1997 - 02 - 25) 说明书第0002-0004段	1-10
A	CN 115494152 A (绍兴宝旌复合材料有限公司等) 2022年12月20日 (2022 - 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 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “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 2025年3月3日		国际检索报告邮寄日期 2025年3月3日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088		受权官员 张晓宁 电话号码 (+86) 010-62085608

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2024/131584

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	110824009	A	2020年2月21日	无	
JP	2001330592	A	2001年11月30日	无	
CN	108760887	A	2018年11月6日	无	
CN	117491500	A	2024年2月2日	无	
JP	H0954067	A	1997年2月25日	无	
CN	115494152	A	2022年12月20日	无	