



(10) 授权公告号 CN 117606403 B

(45) 授权公告日 2024. 06. 07

(21) 申请号 202410089500.0

B25B 11/00 (2006.01)

(22) 申请日 2024.01.23

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

JP 2000346632 A, 2000.12.15

申请公布号 CN 117606403 A

KR 200406125 Y1, 2006.01.24

(43) 申请公布日 2024.02.27

CN 116358463 A, 2023.06.30

(73) 专利权人 威海拓力莱纤维有限公司

CN 112284234 A, 2021.01.29

地址 264200 山东省威海市火炬高技术产
业开发区福田路69-4号

CN 116148613 A, 2023.05.23

CN 212274891 U, 2021.01.01

(72) 发明人 孙庆利

CN 113960164 A, 2022.01.21

CN 218297095 U, 2023.01.13

(74) 专利代理机构 北京启航嘉知识产权代理有
限公司 16264

JP H0658750 A, 1994.03.04

CN 113566752 A, 2021.10.29

专利代理师 陈伟斯

US 4331034 A, 1982.05.25

JP S58179305 A, 1983.10.20

(51) Int. Cl.

CN 212058630 U, 2020.12.01

G01B 17/02 (2006.01)

审查员 刘梦婉

G01B 7/06 (2006.01)

B65G 47/90 (2006.01)

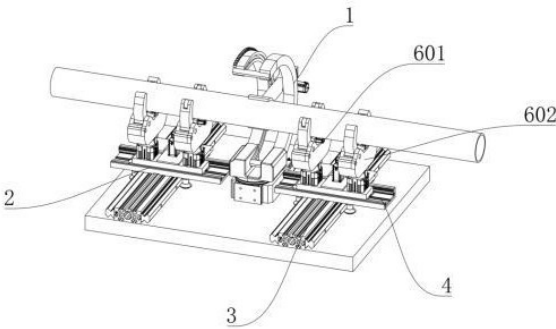
权利要求书2页 说明书6页 附图6页

(54) 发明名称

一种用于碳纤维复合材料管道壁厚偏差的
检测装置

(57) 摘要

本发明涉及壁厚检测相关技术领域,公开了一种用于碳纤维复合材料管道壁厚偏差的检测装置,通过局部壁厚磁性检测机构和超声波检测机构的设置,超声波检测机构可以通过超声波对管道壁厚进行无损探测,同时局部壁厚磁性检测机构通过与弧形检测探头的磁力吸附在管道内壁上,通过压力传感器间接测量磁场强度进而计算出壁厚,局部壁厚磁性检测机构内的每一个检测单元都可以对一个点状区域进行壁厚的测量,配合超声波检测机构可以实现壁厚数据与位置的对应,便于对缺陷位置进行定位。



1. 一种用于碳纤维复合材料管道壁厚偏差的检测装置, 包括C形检测机构(1)和两侧的管道夹持机构(2), 其特征在于: 所述管道夹持机构(2)包括径向调节导轨(3)、轴向调节导轨(4)以及机械夹持爪(6), 所述轴向调节导轨(4)架设于调节导轨(3)上方, 所述轴向调节导轨(4)上安装有液压驱动缸(5), 所述液压驱动缸(5)的输出端固定连接有机夹持爪(6);

所述C形检测机构(1)包括电动升降支撑座(7), 所述电动升降支撑座(7)上方固定连接有C形导轨(8), 所述C形导轨(8)上设置有超声波检测机构(9), 所述超声波检测机构(9)位于碳纤维复合材料管道外侧, 碳纤维复合材料管道内侧还设置有局部壁厚磁性检测机构(10);

所述超声波检测机构(9)与两组C形导轨(8)滑动连接, 且其中一组C形导轨(8)外侧加工有弧形齿轨(801), 所述超声波检测机构(9)上固定安装有角度调节电机(901), 所述角度调节电机(901)的驱动轴上通过键槽固定连接有角度调节齿轮(902), 所述角度调节齿轮(902)与弧形齿轨(801)相互啮合, 所述超声波检测机构(9)上固定连接有弧形检测探头(903);

所述弧形检测探头(903)内设置有金属材质的超声波发生器, 并采用弹性橡胶外壳封装, 所述弧形检测探头(903)与碳纤维复合材料管道相互贴合接触, 所述局部壁厚磁性检测机构(10)在碳纤维复合材料管道内侧通过磁力与弧形检测探头(903)相互吸引, 且所述局部壁厚磁性检测机构(10)由一系列检测单元组成, 每一个检测单元包括一个圆柱厚度检测头(1001), 圆柱厚度检测头(1001)内设置有伸缩柱(1002), 所述伸缩柱(1002)下端活动连接有铁氟龙滚珠(1003), 所述伸缩柱(1002)内设置有盛装热融润滑脂的润滑腔(1004), 所述润滑腔(1004)与铁氟龙滚珠(1003)连通, 所述伸缩柱(1002)上方设置有压力弹簧(1005), 所述压力弹簧(1005)上方设置有压力传感器(1006), 所述圆柱厚度检测头(1001)下端嵌入有环形磁铁(1007)。

2. 根据权利要求1所述的一种用于碳纤维复合材料管道壁厚偏差的检测装置, 其特征在于: 所述径向调节导轨(3)上方设置有第一滑块(301), 所述第一滑块(301)下方设置有限位滚轮(302), 所述限位滚轮(302)设置有四组, 且四组限位滚轮(302)位于径向调节导轨(3)两侧, 所述限位滚轮(302)与径向调节导轨(3)滚动接触, 所述第一滑块(301)上固定安装有第一电机(303), 所述第一电机(303)的输出轴上通过键槽固定连接有第一驱动齿轮(304), 所述径向调节导轨(3)上设置有第一固定齿条(305), 所述第一驱动齿轮(304)与第一固定齿条(305)相互啮合。

3. 根据权利要求2所述的一种用于碳纤维复合材料管道壁厚偏差的检测装置, 其特征在于: 所述轴向调节导轨(4)固定连接在第一滑块(301)上, 所述轴向调节导轨(4)上设置有第二滑块(401), 所述第二滑块(401)与轴向调节导轨(4)滑动连接, 所述第二滑块(401)上固定安装有第二电机(402), 所述第二电机(402)输出轴上通过键槽固定连接有第二驱动齿轮(403), 所述轴向调节导轨(4)上设置有第二固定齿条(404), 所述第二驱动齿轮(403)与第二固定齿条(404)相互啮合。

4. 根据权利要求3所述的一种用于碳纤维复合材料管道壁厚偏差的检测装置, 其特征在于: 所述第二滑块(401)上固定安装有两组液压驱动缸(5), 分别为第一液压驱动缸(501)和第二液压驱动缸(502), 所述第一液压驱动缸(501)的输出端固定连接有第一机械夹持爪

(601),所述第二液压驱动缸(502)的输出端固定连接有第二机械夹持爪(602)。

5.根据权利要求4所述的一种用于碳纤维复合材料管道壁厚偏差的检测装置,其特征在于:所述第一机械夹持爪(601)底部安装有旋转驱动轮(6011),所述旋转驱动轮(6011)一侧连接有旋转驱动电机(6012),所述第一机械夹持爪(601)爪尖部安装有两组旋转支撑滚轮(6013)。

6.根据权利要求4所述的一种用于碳纤维复合材料管道壁厚偏差的检测装置,其特征在于:所述第二机械夹持爪(602)底部安装有送料驱动轮(6021),所述送料驱动轮(6021)一侧连接有送料驱动电机(6022),所述第二机械夹持爪(602)爪尖部安装有两组送料支撑滚轮(6023)。

7.根据权利要求4所述的一种用于碳纤维复合材料管道壁厚偏差的检测装置,其特征在于:所述管道夹持机构(2)设置有两组,两组管道夹持机构(2)分别于C形检测机构(1)两侧对称分布,且每一组管道夹持机构(2)内均设置有一组第一机械夹持爪(601)和一组第二机械夹持爪(602)。

8.根据权利要求1所述的一种用于碳纤维复合材料管道壁厚偏差的检测装置,其特征在于:所述圆柱厚度检测头(1001)四周设置有快拆拼接机构(11),所述快拆拼接机构(11)包括第一连接杆(1101)和第二连接杆(1102),所述第一连接杆(1101)和第二连接杆(1102)呈十字形固定连接在圆柱厚度检测头(1001)四周,所述第一连接杆(1101)前端设置有两组球头柱销(1103),所述第二连接杆(1102)前端设置有球槽(1104),所述第一连接杆(1101)与相邻圆柱厚度检测头(1001)上的第二连接杆(1102)通过球头柱销(1103)和球槽(1104)的配合相互卡合连接。

一种用于碳纤维复合材料管道壁厚偏差的检测装置

技术领域

[0001] 本发明涉及壁厚检测相关技术领域,具体为一种用于碳纤维复合材料管道壁厚偏差的检测装置。

背景技术

[0002] 碳纤维复合材料管道是利用碳纤维作为增强材料,与树脂或基质相结合制成的管道,这种类型的管道通常具有优异的性能,包括高强度、低重量、耐腐蚀性、抗疲劳性和优异的耐温性能,碳纤维复合材料管道在生产时需要检测管道壁厚,以免管道壁厚偏差过大,影响管道结构强度。

[0003] 传统的碳纤维管道壁厚检测方法大都是通过超声波对管道进行无损检测,但是超声波检测只能大致检测区域内的壁厚情况,无法精确定位不同厚度对应的准确位置,导致难以精确找到缺陷位置,无法对壁厚缺陷成因进行进一步分析。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种用于碳纤维复合材料管道壁厚偏差的检测装置,以解决上述背景技术提出的目前传统的碳纤维管道壁厚检测装置无法精确定位不同厚度对应的准确位置的问题。

[0005] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:一种用于碳纤维复合材料管道壁厚偏差的检测装置,包括C形检测机构和两侧的管道夹持机构,所述C形检测机构包括径向调节导轨、轴向调节导轨以及机械夹持爪,所述轴向调节导轨架设于调节导轨上方,所述轴向调节导轨上安装有升降液压缸,所述升降液压缸的输出端固定连接有机夹持爪;

[0006] 所述C形检测机构包括电动升降支撑座,所述电动升降支撑座上方固定连接有两组C形导轨,所述C形导轨上设置有超声波检测机构,所述超声波检测机构位于碳纤维复合材料管道外侧,碳纤维复合材料管道内侧还设置有局部壁厚磁性检测机构。

[0007] 进一步的,所述径向调节导轨上方设置有第一滑块,所述第一滑块下方设置有限位滚轮,所述限位滚轮设置有四组,且四组限位滚轮位于径向调节导轨两侧,所述限位滚轮与径向调节导轨滚动接触,所述第一滑块上固定安装有第一电机,所述第一电机的输出轴上通过键槽固定连接第一驱动齿轮,所述径向调节导轨上设置有第一固定齿条,所述第一驱动齿轮与第一固定齿条相互啮合。

[0008] 进一步的,所述轴向调节导轨固定连接在第一滑块上,所述轴向调节导轨上设置有第二滑块,所述第二滑块与轴向调节导轨滑动连接,所述第二滑块上固定安装有第二电机,所述第二电机输出轴上通过键槽固定连接第二驱动齿轮,所述轴向调节导轨上设置有第二固定齿条,所述第二驱动齿轮与第二固定齿条相互啮合。

[0009] 进一步的,所述第二滑块上固定安装有两组液压驱动缸,分别为第一液压驱动缸和第二液压驱动缸,所述第一液压驱动缸的输出端固定连接第一机械夹持爪,所述第二液压驱动缸的输出端固定连接第二机械夹持爪。

[0010] 进一步的,所述第一机械夹持爪底部安装有旋转驱动轮,所述旋转驱动轮一侧连接有旋转驱动电机,所述第一机械夹持爪爪尖部安装有两组旋转支撑滚轮。

[0011] 进一步的,所述第二机械夹持爪底部安装有送料驱动轮,所述送料驱动轮一侧连接有送料驱动电机,所述第二机械夹持爪爪尖部安装有两组送料支撑滚轮。

[0012] 进一步的,所述管道夹持机构设置有两组,两组管道夹持机构分别于C形检测机构两侧对称分布,且每一组管道夹持机构内均设置有一组第一机械夹持爪和一组第二机械夹持爪。

[0013] 进一步的,所述超声波检测机构与两组C形导轨滑动连接,且其中一组C形导轨外侧加工有弧形齿轨,所述超声波检测机构上固定安装有角度调节电机,所述角度调节电机的驱动轴上通过键槽固定连接有角度调节齿轮,所述角度调节齿轮与弧形齿轨相互啮合,所述超声波检测机构上固定连接有弧形检测探头。

[0014] 进一步的,所述弧形检测探头内设置有金属材质的超声波发生器,并采用弹性橡胶外壳封装,所述弧形检测探头与碳纤维复合材料管道相互贴合接触,所述局部壁厚磁性检测机构在碳纤维复合材料管道内侧通过磁力与弧形检测探头相互吸引,且所述局部壁厚磁性检测机构由一系列检测单元组成,每一个检测单元包括一个圆柱厚度检测头,圆柱厚度检测头内设置有伸缩柱,所述伸缩柱下端活动连接有铁氟龙滚珠,所述伸缩柱内设置有盛装热融润滑脂的润滑腔,所述润滑腔与铁氟龙滚珠连通,所述伸缩柱上方设置有压力弹簧,所述压力弹簧上方设置有压力传感器,所述圆柱厚度检测头下端嵌入有环形磁铁。

[0015] 进一步的,所述圆柱厚度检测头四周设置有快拆拼接机构,所述快拆拼接机构包括第一连接杆和第二连接杆,所述第一连接杆和第二连接杆呈十字形固定连接在圆柱厚度检测头四周,所述第一连接杆前端设置有两组球头柱销,所述第二连接杆前端设置有球槽,所述第一连接杆与相邻圆柱厚度检测头上的第二连接杆通过球头柱销和球槽的配合相互卡合连接。

[0016] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0017] 1.本发明通过管道夹持机构的设置,使得机械夹持爪可以在检测时对碳纤维复合材料管道进行夹持固定,且机械夹持爪可以在液压驱动缸的驱动下上下移动调节高度,并可以沿着径向调节导轨和轴向调节导轨移动调节位置,便于适应不同尺寸管道的检测,同时第一机械夹持爪上的旋转驱动轮可以驱动管道旋转,调节检测方向,另外第二机械夹持爪上的送料驱动轮可以驱动管道沿着轴向移动,配合机械夹持爪自身的移动进行送料操作。

[0018] 2.本发明通过局部壁厚磁性检测机构和超声波检测机构的设置,超声波检测机构可以通过超声波对管道壁厚进行无损探测,同时局部壁厚磁性检测机构通过与弧形检测探头的磁力吸附在管道内壁上,通过压力传感器间接测量磁场强度进而计算出壁厚,局部壁厚磁性检测机构内的每一个检测单元都可以对一个点状区域进行壁厚的测量,配合超声波检测机构可以实现壁厚数据与位置的对应,便于对缺陷位置进行定位。

附图说明

[0019] 图1为碳纤维管装夹结构示意图;

[0020] 图2为本发明外观结构示意图;

[0021] 图3为本发明径向调节导轨结构示意图；
[0022] 图4为本发明轴向调节导轨结构示意图；
[0023] 图5为本发明第一机械夹持爪结构示意图；
[0024] 图6为本发明第二机械夹持爪结构示意图；
[0025] 图7为本发明C形检测机构结构示意图；
[0026] 图8为本发明C形检测机构侧视结构示意图；
[0027] 图9为本发明图8中A处放大结构示意图；
[0028] 图10为本发明局部壁厚磁性检测机构结构示意图；
[0029] 图11为本发明局部壁厚磁性检测机构拆分结构示意图；
[0030] 图12为本发明快拆拼接机构结构示意图。
[0031] 图中标号：1、C形检测机构；2、管道夹持机构；3、径向调节导轨；301、第一滑块；302、限位滚轮；303、第一电机；304、第一驱动齿轮；305、第一固定齿条；4、轴向调节导轨；401、第二滑块；402、第二电机；403、第二驱动齿轮；404、第二固定齿条；5、液压驱动缸；501、第一液压驱动缸；502、第二液压驱动缸；6、机械夹持爪；601、第一机械夹持爪；6011、旋转驱动轮；6012、旋转驱动电机；6013、旋转支撑滚轮；602、第二机械夹持爪；6021、送料驱动轮；6022、送料驱动电机；6023、送料支撑滚轮；7、电动升降支撑座；8、C形导轨；801、弧形齿轨；9、超声波检测机构；901、角度调节电机；902、角度调节齿轮；903、弧形检测探头；10、局部壁厚磁性检测机构；1001、圆柱厚度检测头；1002、伸缩柱；1003、铁氟龙滚珠；1004、润滑腔；1005、压力弹簧；1006、压力传感器；1007、环形磁铁；11、快拆拼接机构；1101、第一连接杆；1102、第二连接杆；1103、球头柱销；1104、球槽。

具体实施方式

[0032] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,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,都属于本发明保护的范围。

[0033] 为进一步了解本发明的内容,结合附图对本发明作详细描述。

[0034] 请参阅图1—图12,一种用于碳纤维复合材料管道壁厚偏差的检测装置,包括C形检测机构1和两侧的管道夹持机构2,其特征在于:C形检测机构1包括径向调节导轨3、轴向调节导轨4以及机械夹持爪6,轴向调节导轨4架设于径向调节导轨3上方,轴向调节导轨4上安装有液压驱动缸5,液压驱动缸5的输出端固定连接有机械夹持爪6,径向调节导轨3上方设置有第一滑块301,第一滑块301下方设置有限位滚轮302,限位滚轮302设置有四组,且四组限位滚轮302位于径向调节导轨3两侧,限位滚轮302与径向调节导轨3滚动接触,第一滑块301上固定安装有第一电机303,第一电机303的输出轴上通过键槽固定连接有第一驱动齿轮304,径向调节导轨3上设置有第一固定齿条305,第一驱动齿轮304与第一固定齿条305相互啮合,从而第一电机303可以驱动第一驱动齿轮304转动,进而通过第一驱动齿轮304与第一固定齿条305的配合带动第一滑块301沿着径向调节导轨3移动。轴向调节导轨4固定连接在第一滑块301上,轴向调节导轨4上设置有第二滑块401,第二滑块401与轴向调节导轨4滑动连接,第二滑块401上固定安装有第二电机402,第二电机402输出轴上通过键槽固定连

接有第二驱动齿轮403,轴向调节导轨4上设置有第二固定齿条404,第二驱动齿轮403与第二固定齿条404相互啮合,从而第二电机402可以带动第二驱动齿轮403转动,进而通过第二驱动齿轮403与第二固定齿条404的配合带动第二滑块401沿着轴向调节导轨4移动。

[0035] 第二滑块401上固定安装有两组液压驱动缸5,分别为第一液压驱动缸501和第二液压驱动缸502,第一液压驱动缸501的输出端固定连接第一机械夹持爪601,第二液压驱动缸502的输出端固定连接第二机械夹持爪602,可以分别驱动第一机械夹持爪601和第二机械夹持爪602上下移动,进而调整夹持位置。第一机械夹持爪601底部安装有旋转驱动轮6011,旋转驱动轮6011一侧连接旋转驱动电机6012,第一机械夹持爪601爪尖部安装有两组旋转支撑滚轮6013,这样旋转驱动电机6012可以带动旋转驱动轮6011转动,进而带动碳纤维管转动调整检测区域。第二机械夹持爪602底部安装有送料驱动轮6021,送料驱动轮6021一侧连接送料驱动电机6022,第二机械夹持爪602爪尖部安装有两组送料支撑滚轮6023,从而送料驱动电机6022可以带动送料驱动轮6021转动,进而带动碳纤维管轴向移动上料。

[0036] 管道夹持机构2设置有两组,两组管道夹持机构2分别于C形检测机构1两侧对称分布,且每一组管道夹持机构2内均设置有一组第一机械夹持爪601和一组第二机械夹持爪602,从而可以从两侧将碳纤维管夹紧,配合液压驱动缸5可以实现对碳纤维管的夹紧和移动。

[0037] C形检测机构1包括电动升降支撑座7,电动升降支撑座7上方固定连接有两组C形导轨8,C形导轨8上设置有超声波检测机构9,超声波检测机构9位于碳纤维复合材料管道外侧,碳纤维复合材料管道内侧还设置有局部壁厚磁性检测机构10,超声波检测机构9与两组C形导轨8滑动连接,且其中一组C形导轨8外侧加工有弧形齿轨801,超声波检测机构9上固定安装有角度调节电机901,角度调节电机901的驱动轴上通过键槽固定连接角度调节齿轮902,角度调节齿轮902与弧形齿轨801相互啮合,超声波检测机构9上固定连接弧形检测探头903,这样角度调节电机901可以驱动角度调节齿轮902转动,通过角度调节齿轮902与弧形齿轨801相互啮合带动超声波检测机构9沿着C形导轨8移动。

[0038] 弧形检测探头903内设置有金属材质的超声波发生器,并采用弹性橡胶外壳封装,弧形检测探头903与碳纤维复合材料管道相互贴合接触,局部壁厚磁性检测机构10在碳纤维复合材料管道内侧通过磁力与弧形检测探头903相互吸引,且局部壁厚磁性检测机构10由一系列检测单元组成,每一个检测单元包括一个圆柱厚度检测头1001,圆柱厚度检测头1001内设置有伸缩柱1002,伸缩柱1002下端活动连接有铁氟龙滚珠1003,伸缩柱1002通过铁氟龙滚珠1003与管道内壁滚动接触,伸缩柱1002内设置有盛装热融润滑脂的润滑腔1004,润滑腔1004与铁氟龙滚珠1003连通,伸缩柱1002上方设置有压力弹簧1005,压力弹簧1005上方设置有压力传感器1006,圆柱厚度检测头1001下端嵌入有环形磁铁1007,这样环形磁铁1007与弧形检测探头903通过磁力相互吸引,令局部壁厚磁性检测机构10贴紧在碳纤维管的内壁,从而将伸缩柱1002向内压,通过压力弹簧1005对压力传感器1006施压,压力传感器1006检测的压力值反映了磁铁吸引力的大小,进而通过磁铁吸引力可以估算出该点壁厚。

[0039] 壁厚理论估算公式为: $d = \sqrt{\frac{K}{F}}$;

[0040] 其中d为该点壁厚;

[0041] F为压力传感器1006的检测数值;

[0042] K为环形磁铁1007的磁力系数,磁力系数是磁体在给定尺寸下的磁性能指标,通常用来衡量磁体的强度,它也被称为磁力、磁能积或磁能,磁体的磁力系数表示为BH_{max},其中B是磁感应强度(磁场的强度),H是磁场的磁场强度。磁力系数的单位通常是以千高斯(kG)乘以立方厘米(cm³)为单位,关于磁体等级的命名,例如N35和N45,这是一种常用的命名方式,用于表示磁体的磁力系数,具体来说,N35表示磁体的磁力系数为35MG0e,N45则表示磁力系数为45MG0e,这个数值越高,表示磁体的磁力越强大。

[0043] 但是磁力系数仅仅是衡量磁体强度的一个指标,实际环境中的温度、外界磁场和磁体的形状等因素也会影响磁体的性能,这样在需要测量的碳纤维管壁厚较小且要求精度较高时,该公式并不能很好的表达实际磁铁吸引力与距离的实际对应关系,但是磁铁吸引力与距离的平方成反比的对应关系不会受到影响。因此我们可以用k指代其关系系数,k包含环形磁铁1007本身的磁力系数K、环形磁铁1007的形状尺寸、磁铁材质均匀程度以及环境

磁场强度和环境温度等一切外界影响因素,进而得到以下公式: $d = \sqrt{\frac{k}{F}}$;

[0044] 然后我们可以在实际工况下对 **k** 进行测量,即利用多组已知壁厚d的碳纤维管进行检测,然后压力传感器1006测得多组F,然后将对应的d和**F**代入上述公式,即可计算出在实际环境下的关系系数k,这样在后续测量时即可通过压力传感器1006测得的F和已知的关系系数k计算出壁厚d。

[0045] 假设在现场利用已知壁厚为1cm的碳纤维管进行检测时,压力传感器1006的检测结果为1N。则根据上述公式计算得出关系系数k为1N·cm²,则在该工况下计算公式为:

[0046] $d = \sqrt{\frac{1}{F}}$;

[0047] 假设在此时对某一碳纤维管进行检测,压力传感器1006测得F为0.25N,则带入上述公式计算得出d=2cm。

[0048] 需要注意的是,k受到环形磁铁1007本身的磁力系数K、环形磁铁1007的形状尺寸、环形磁铁1007的材质均匀程度的影响,同时还受到外界环境磁场强度和环境温度等因素影响,因此在更换环形磁铁1007或者转移工作环境时,需要重新试验校准k值。

[0049] 圆柱厚度检测头1001四周设置有快拆拼接机构11,快拆拼接机构11包括第一连接杆1101和第二连接杆1102,第一连接杆1101和第二连接杆1102呈十字形固定连接在圆柱厚度检测头1001四周,第一连接杆1101前端设置有两组球头柱销1103,第二连接杆1102前端设置有球槽1104,第一连接杆1101与相邻圆柱厚度检测头1001上的第二连接杆1102通过球头柱销1103和球槽1104的配合相互卡合连接,这样可以通过球头柱销1103和球槽1104的配合对局部壁厚磁性检测机构10的检测单元进行增减调节,适应不同需求。

[0050] 尽管已经示出和描述了本发明的实施例,对于本领域的普通技术人员而言,可以理解在不脱离本发明的原理和精神的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型,本发明的范围由所附权利要求及其等同物限定。

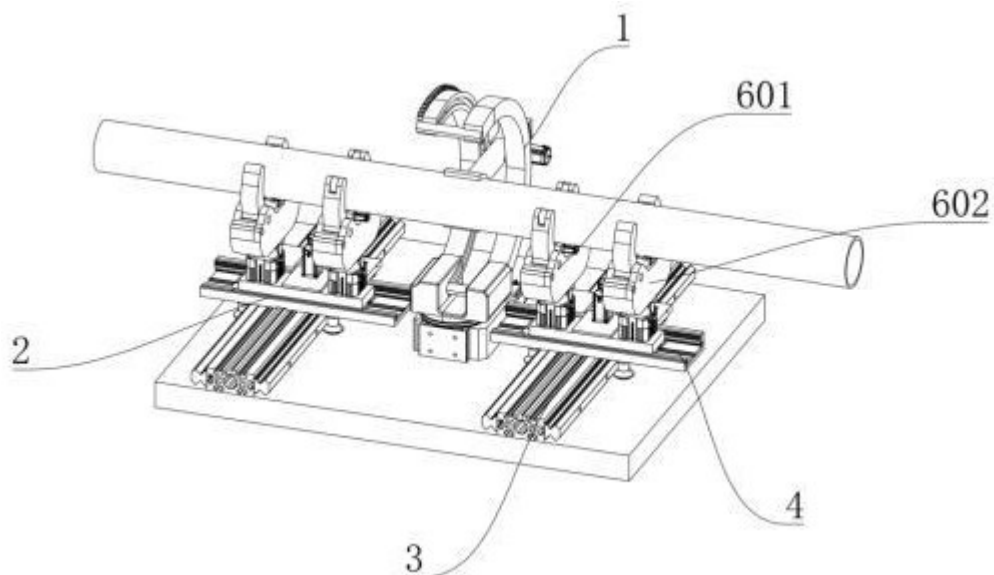


图 1

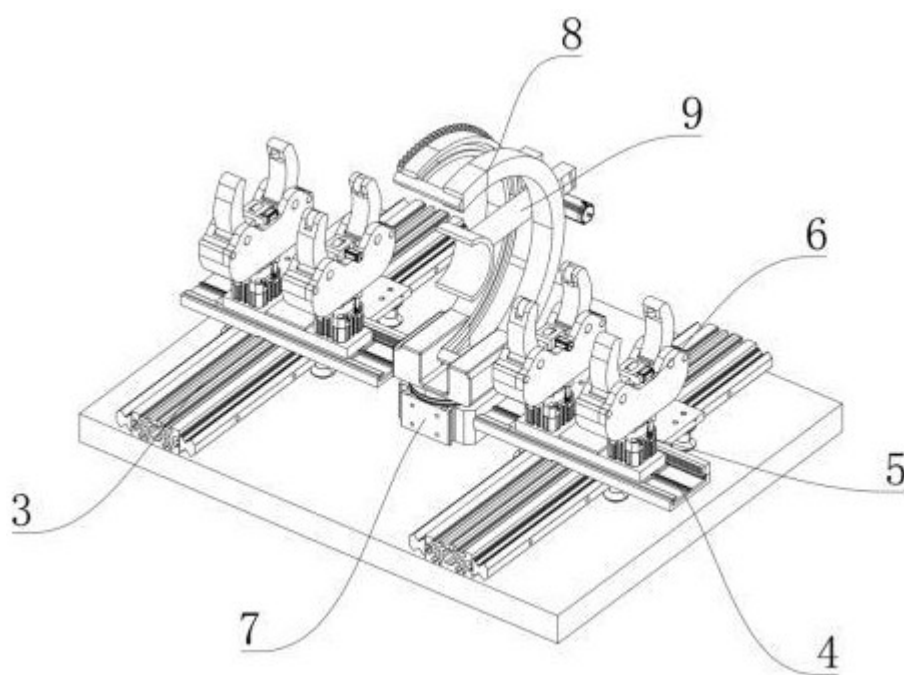


图 2

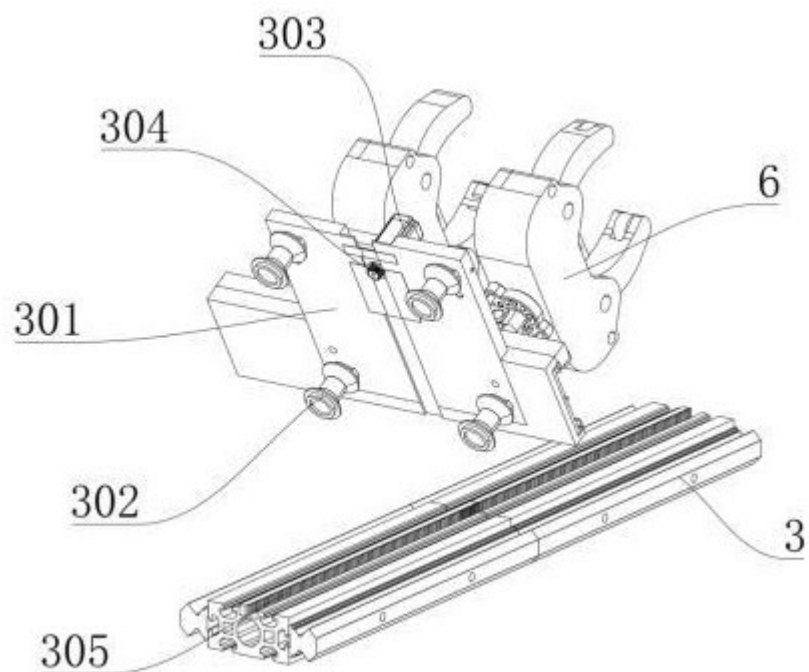


图 3

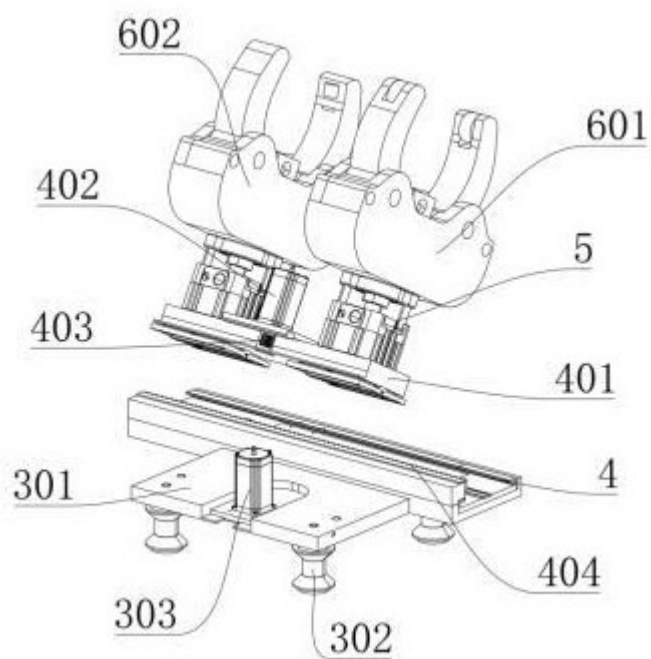


图 4

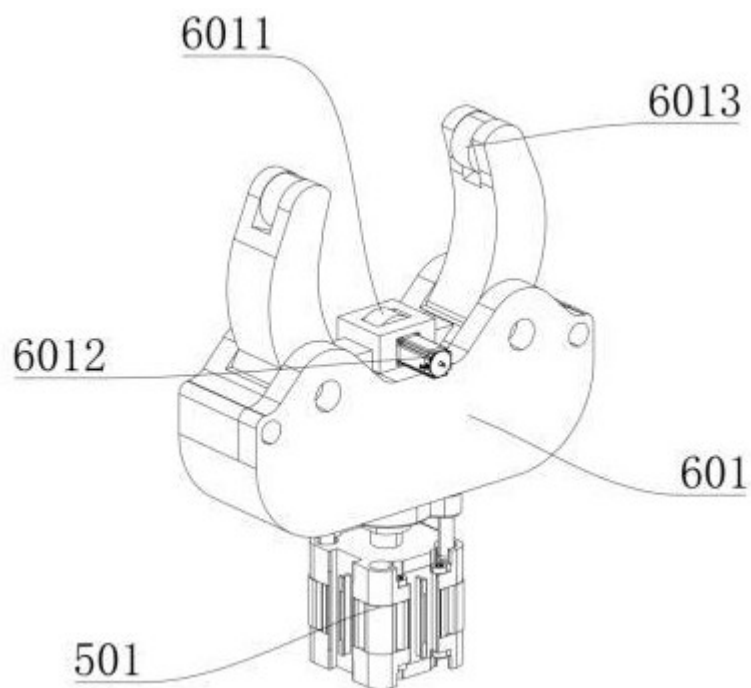


图 5

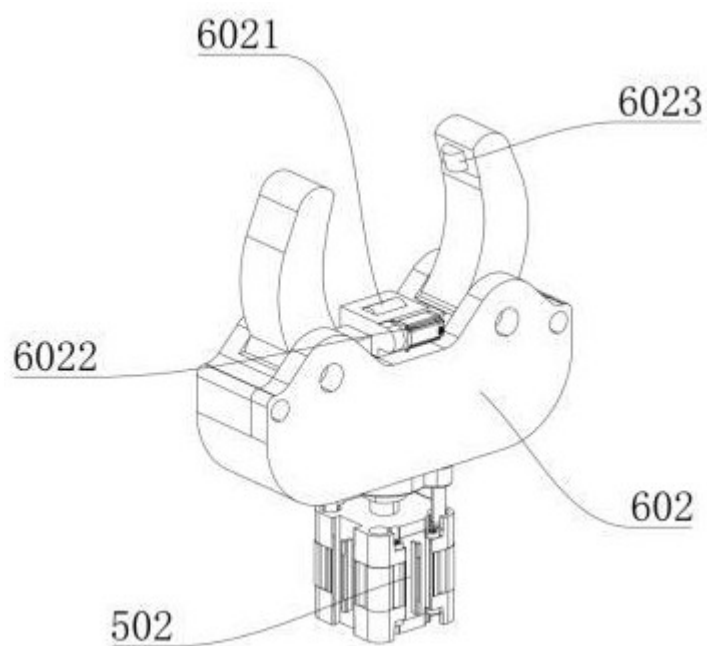


图 6

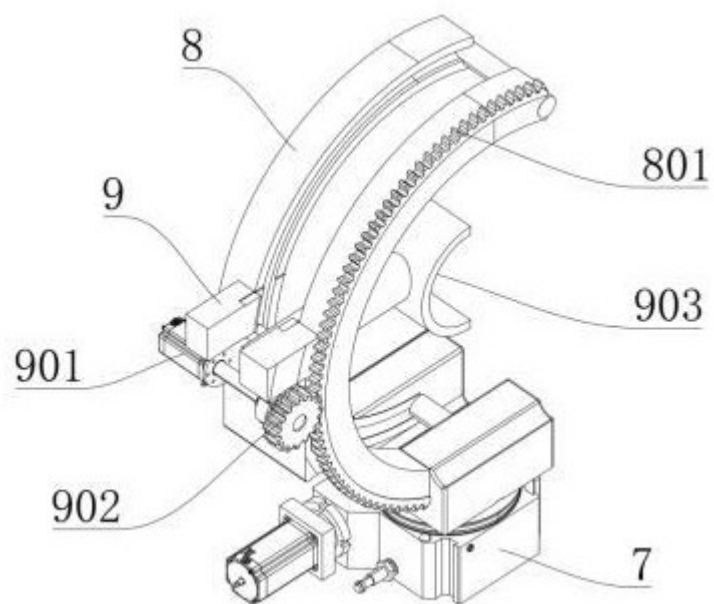


图 7

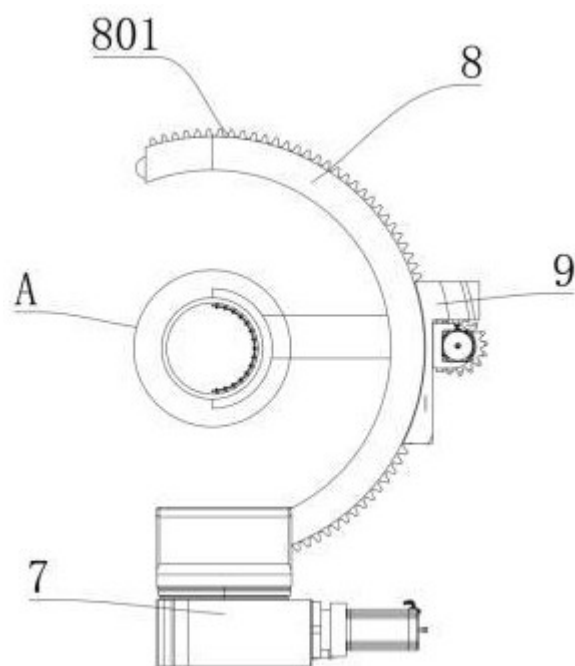


图 8

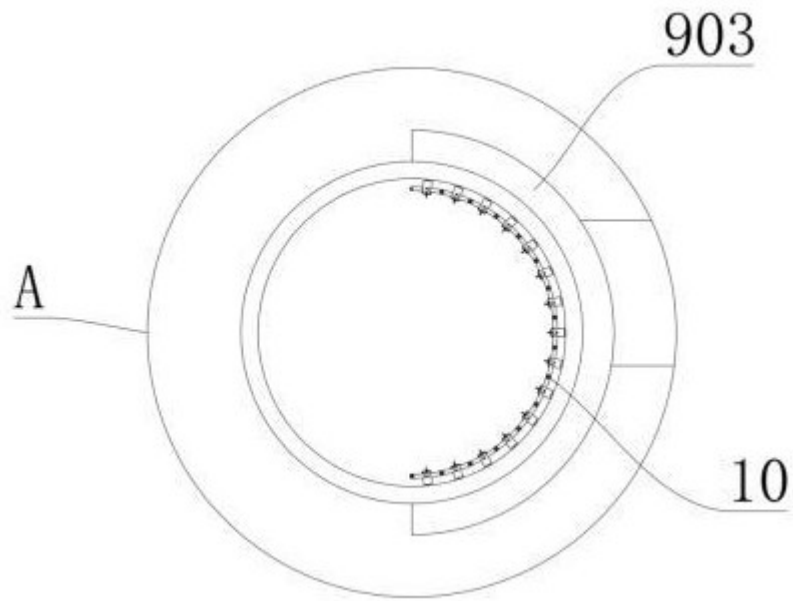


图 9

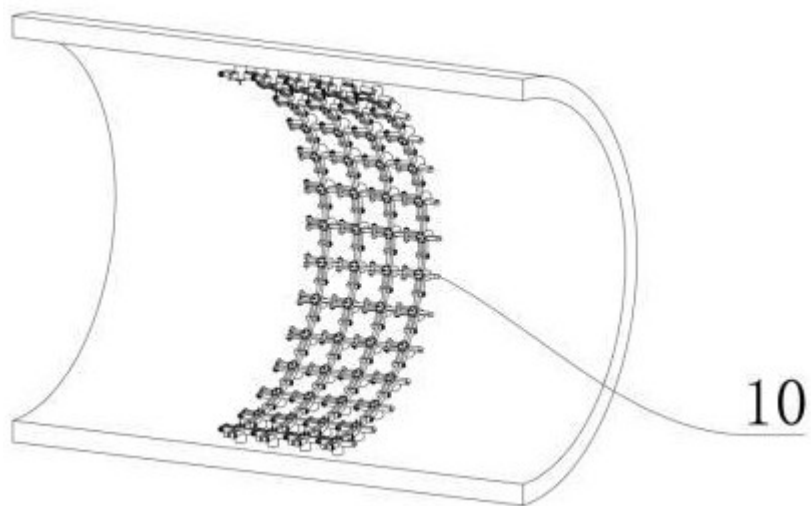


图 10

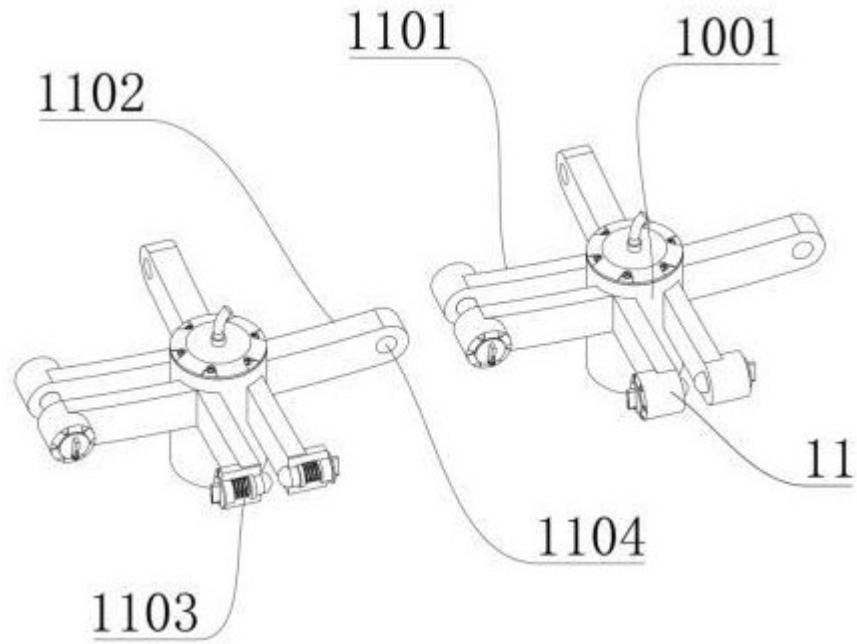


图 11

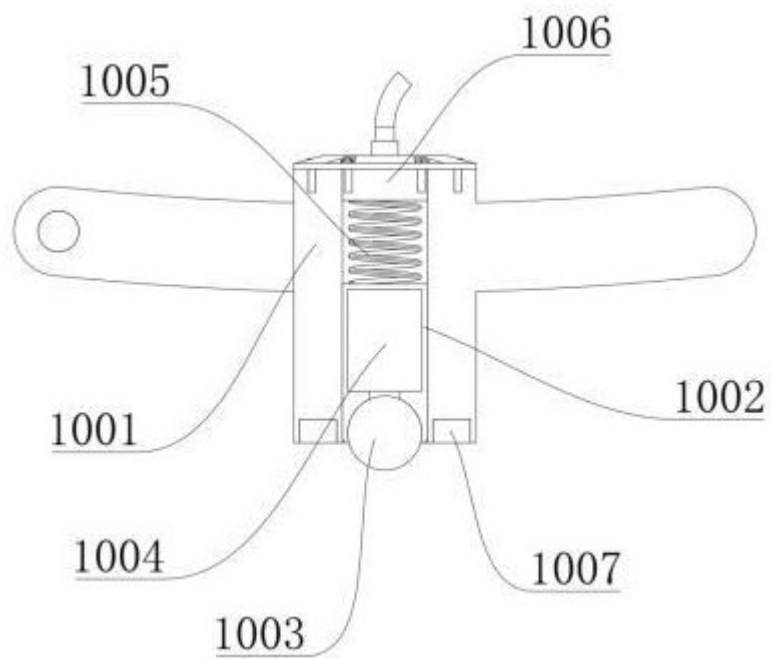


图 12