(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103063743 B
(45)授权公告日 2014.08.13

(21)申请号 201310010148.9

(22)申请日 2013.01.11

(73)专利权人 浙江大学
地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路38号

(72)发明人 周晓军 陈越超 文贤鹤 刘晨曦 杨勇 李俊玉

(74)专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公司 33200
代理人 林怀禹

(51)Int.Cl.
G01N 29/04(2006.01)
G01N 29/265(2006.01)

(56)对比文件
CN 201673143 U,2010.12.15,
KR 1020060063791 A,2006.06.12,
CN 101916600 A,2010.12.15,
BE 858401 A1,1978.01.02,
KR 1020050020013 A,2005.03.04,
JP H8226987 A,1996.09.03,
Hideo Nishino等.Propagation phenomena of wideband guided waves in a bended pipe.《Ultrasonics》.2006,第44卷
郑熙等.厚壁无缝钢管的超声波检测系统.《机械设计与制造》.2010,(第7期),
王永亮.聂继升,董利生.炉外大中径管弯头超声波探伤技术的应用.《内蒙古电力技术》.2004,第22卷(第1期),

审查员 李婷

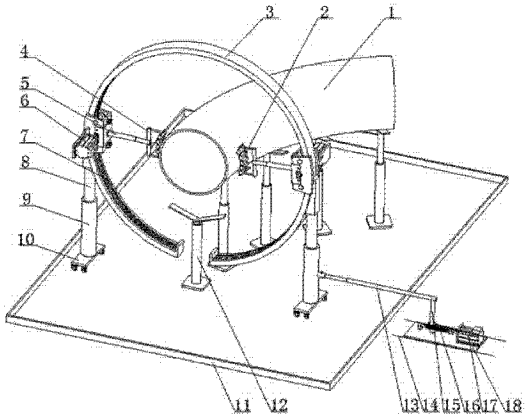
权利要求书1页 说明书5页 附图7页

(54)发明名称

一种基于移动式进给机构的弯曲钢管超声波探伤系统

(57)摘要

本发明公开了一种基于移动式进给机构的弯曲钢管超声波探伤系统。包括环形导轨、内齿轮、进给气动伸缩杆、传动蜗杆、传动蜗轮、传动杆、第一电机安装板、调整轨道、进给伺服电机、两块滚轮安装板和两个液压支撑缸构成移动式环形进给机构;包括一组均由液压缸、液压活塞杆以及安装在液压活塞杆上的V型支撑架构成的液压支撑架,一组液压支撑架构成弯管保持底座;包括均由检测伺服电机、回转机构外箱体、传动齿轮、齿轮轴、检测气动伸缩杆、链式超声探头架安装架和链式超声探头架构成的两套弯管超声波检测机构。本发明能实现对大口径弯曲钢管的超声波自动探伤,有效提高了对弯曲钢管无损探伤的精度和效率并降低了工人的检测劳动强度。



CN 103063743 B

1. 一种基于移动式进给机构的弯曲钢管超声波探伤系统，其特征在于：包括移动式环形进给机构，弯管保持底座以及两套结构相同的弯管超声波检测机构；其中：

移动式环形进给机构：包括环形导轨（3）、内齿轮（7）、进给气动伸缩杆（13）、传动蜗杆（16）、传动蜗轮（22）、传动杆（15）、第一电机安装板（18）、调整轨道（14）、进给伺服电机（17）、两块滚轮安装板（10）和两个液压支撑缸（9）；环形导轨（3）的内圈中间安装有内齿轮（7），环形导轨（3）底端开有一段开口，两个液压支撑缸（9）上的液压支撑活塞杆（8）分别对称与环形导轨（3）外侧固接并且关于待检测弯管（1）中心轴线对称放置，进给气动伸缩杆（13）的一端通过定位销和一个液压支撑缸的外侧连接，传动杆（15）的一端垂直固连在进给气动伸缩杆（13）的另一端，传动杆（15）的另一端能绕第一电机安装板（18）上的孔转动，传动蜗轮（22）安装在传动杆（15）上，进给伺服电机（17）安装在第一电机安装板（18）上，传动蜗轮（22）与安装在进给伺服电机（17）上的传动蜗杆（16）啮合，第一电机安装板（18）安装在调整轨道（14）上，两个液压支撑缸（9）的底部分别安装有滚轮安装板（10），每块滚轮安装板底部各安装有绕竖直方向无限旋转的滚轮；

弯管保持底座：包括一组均由液压缸（12）、液压活塞杆（32）以及安装在液压活塞杆（32）上的V型支撑架（33）构成的液压支撑架；

两套结构相同的弯管超声波检测机构：均包括检测伺服电机（6）、回转机构外箱体（20）、传动齿轮（26）、齿轮轴（23）、检测气动伸缩杆（5）、链式超声探头架安装架（4）和链式超声探头架（2）；两个回转机构外箱体（20）分别安装在环形导轨（3）的内侧，齿轮轴（23）安装在回转机构外箱体（20）上，安装在齿轮轴（23）上的传动齿轮（26）与环形导轨（3）上的内齿轮（7）啮合，齿轮轴（23）通过联轴器与安装在第二电机安装板（21）上的检测伺服电机（6）连接，检测气动伸缩杆（5）的一端安装在回转机构外箱体（20）上，检测气动伸缩杆（5）的另一端与链式超声探头架安装架（4）垂直固连，链式超声探头架（2）两端分别通过弹性皮筋（29）与链式超声探头架安装架（4）连接。

2. 根据权利要求1所述的一种基于移动式进给机构的弯曲钢管超声波探伤系统，其特征在于：所述的链式超声探头架（2）由多个探头安装架（30）通过弹性皮筋（29）串接而成，每个探头安装架（30）内均安装一个四通道的超声波检测探头（28）。

一种基于移动式进给机构的弯曲钢管超声波探伤系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种弯曲钢管超声波自动探伤系统，尤其涉及一种基于移动式进给机构的弯曲钢管超声波探伤系统。

背景技术

[0002] 弯曲钢管是油气长输送管道的重要组成部分，长输管道通过许多地形复杂、气候条件恶劣的地区， 因此，在管道敷设中需要使用大口径热煨弯管。近 20 年来，弯管在国内外大直径、高压油气输送管线中得到越来越广泛的使用。适用于不同工况环境的大直径、厚壁、低温、高压弯管的应用研究也在不断深入，并且取得了一些工程应用成果，弯管的应用领域也越来越广泛。

[0003] 弯管在使用中受力状态复杂，且在弯制过程中工艺难度大，影响质量性能的因素多，弯管的制造及其质量（包括力学性能和尺寸极限偏差等方面）的优劣，直接影响到油气输送管道的安全、可靠性和投资经济效益。如果安全可靠性差，管道将会发生爆炸破裂，导致生命财产严重受损。造成恶劣的社会影响也是难以估计的；如在弯管制作中产生废品，也将会造成重大的经济损失。因此，对弯管在生产制造过程中采用合理的无损检测方法进行产品质量控制是十分必要的。

[0004] 无损检测作为弯管生产中必不可少的一个环节，对于在弯管生产过程中及时发现缺陷，保证弯管的生产质量有着重要作用，国家有关部门要求生产企业必须按照产品标准开展高压弯管的检测。目前的检测系统可对直管进行自动连续和点动探伤检测，但是长期以来，在国内相关石油管道生产行业内，弯管无损检测基本都采用人工作业方式进行检测，在工人用手工方式完成磁粉检测后再使用便携式超声检测仪进行检测，对弯管的检测结果仍然停留在经验和各种图表上，不仅过程繁琐，工作量大，检测效率低，而且受制于人的主观性影响，对于检测缺陷的及时发现也存在一定的误判。传统的弯管手动检测方法和检测仪器无论在检测速度还是检测精度上都无法满足企业大批量的弯管生产要求，而大口径弯管的自动检测系统的研发在国内外却依然处于空白状态，因此，十分有必要开发一套大型弯管超声波自动化无损检测系统。

发明内容

[0005] 针对弯曲钢管检测中普遍使用便携式超声检测仪进行人工无损检测的现状，本发明的目的在于提供一种基于移动式进给机构的弯曲钢管超声波探伤系统。

[0006] 本发明采用的技术方案是：

[0007] 本发明包括移动式环形进给机构，弯管保持底座以及两套结构相同的弯管超声波检测机构；

[0008] 移动式环形进给机构：包括环形导轨、内齿轮、进给气动伸缩杆、传动蜗杆、传动蜗轮、传动杆、第一电机安装板、调整轨道、进给伺服电机、两块滚轮安装板和两个液压支撑缸；环形导轨的内圈中间安装有内齿轮，环形导轨的底端开有一段开口，两个液压支撑缸上

的液压支撑活塞杆分别对称与环形导轨外侧固接并且关于待检测弯管中心轴线对称放置，进给气动伸缩杆的一端通过定位销和一个液压支撑缸的外侧连接，传动杆的一端垂直固连在进给气动伸缩杆的另一端，传动杆的另一端能绕第一电机安装板上的孔转动，传动蜗轮安装在传动杆上，进给伺服电机安装在第一电机安装板上，传动蜗轮与安装在进给伺服电机上的传动蜗杆啮合，第一电机安装板安装在调整轨道上，两个液压支撑缸的底部分别安装有滚轮安装板，每块滚轮安装板底部各安装有绕竖直方向无限旋转的滚轮；

[0009] 弯管保持底座：包括一组均由液压缸、液压活塞杆以及安装在液压活塞杆上的V型支撑架构成的液压支撑架；

[0010] 两套结构相同的弯管超声波检测机构：均包括检测伺服电机、回转机构外箱体、传动齿轮、齿轮轴、检测气动伸缩杆、链式超声探头架安装架和链式超声探头架；两个回转机构外箱体分别安装在环形导轨的内侧，齿轮轴安装在回转机构外箱体上，安装在齿轮轴上的传动齿轮与环形导轨上的内齿轮啮合，齿轮轴的通过联轴器与安装在第二电机安装板上的检测伺服电机连接，检测气动伸缩杆的一端安装在回转机构外箱体上，检测气动伸缩杆的另一端与链式超声探头架安装架垂直固连，链式超声探头架两端分别通过弹性皮筋与链式超声探头架安装架连接。

[0011] 所述的链式超声探头架由多个探头安装架通过弹性皮筋串接而成，每个探头安装架内均安装一个四通道的超声波检测探头。

[0012] 本发明的有益效果是：

[0013] 1、能够实现对弯管曲率半径为6D（D为弯管外壁直径），弯管外壁直径为600~1200mm，管长为2~5m的大型弯曲钢管进行超声波自动检测。

[0014] 2、链式超声探头架通过配置使用横波斜探头和纵波直探头可实现对管材的轴向缺陷、周向缺陷和分层缺陷进行无损检测。

[0015] 3、采用移动式进给机构沿弯管轴向进给，链式超声探头架在弯管表面作周向运动进行检测的方法，探伤系统的进给和检测运动相互独立，运动控制实现较简单。

[0016] 4、在将待检测弯管放置到弯管保持底座上之后，探伤系统的进给和检测过程均在计算机控制下自动进行，检测软件可根据接收的超声回波信号自动发现和定位缺陷，从而大大提高了弯管超声波检测效率，降低了工人的劳动强度。

附图说明

[0017] 图1是本发明的总体结构示意图。

[0018] 图2是本发明移动式环形进给机构主视图。

[0019] 图3是本发明移动式环形进给机构左视图。

[0020] 图4是图2中Ⅰ部分局部放大图。

[0021] 图5是图2中Ⅱ部分局部放大图。

[0022] 图6是图2中Ⅲ部分局部放大图。

[0023] 图7是图2中Ⅳ部分局部放大图。

[0024] 图8是本发明单个探头安装架（装有超声波检测探头）示意图。

[0025] 图9是本发明超声波检测探头示意图。

[0026] 图10是本发明液压支撑架结构示意图。

[0027] 图中：1、待检测弯管，2、链式超声探头架，3、环形导轨，4、链式超声探头架安装架，5、检测气动伸缩杆，6、检测伺服电机，7、内齿轮，8、液压支撑活塞杆，9、液压支撑缸，10、滚轮安装板，11、矩形围栏，12、液压缸，13、进给气动伸缩杆，14、调整轨道，15、传动杆，16、传动蜗杆，17、进给伺服电机，18、第一电机安装板，19、检测气动伸缩杆固定螺栓，20、回转机构外箱体，21、第二电机安装板，22、传动蜗轮，23、齿轮轴，24、支撑滚轮轴，25、支撑滚轮，26、传动齿轮，27、回转机构外箱体连接螺栓，28、超声波检测探头，29、弹性皮筋，30、探头安装架，31、进水管口，32、液压活塞杆，33、V 型支撑架。

具体实施方式

[0028] 以下结合附图和实施方式对本发明作进一步的描述。

[0029] 结合图 1 所示，本发明包括移动式环形进给机构、弯管保持底座和两套结构相同的弯管超声波检测机构。移动式环形进给机构包括环形导轨 3、内齿轮 7、进给气动伸缩杆 13、传动蜗杆 16、传动蜗轮 22、传动杆 15、第一电机安装板 18、调整轨道 14 和进给伺服电机 17、两块滚轮安装板 10 和两个液压支撑缸 9，弯管保持底座包括一组均由液压缸 12、液压活塞杆 32 以及安装在液压活塞杆 32 上的 V 型支撑架 33 构成的液压支撑架，两套结构相同的弯管超声波检测机构均包括检测伺服电机 6、回转机构外箱体 20、传动齿轮 26、齿轮轴 23、检测气动伸缩杆 5、链式超声探头架安装架 4 和链式超声探头架 2；本发明设备进行弯管超声波检测时采用移动式环形进给机构沿待检测弯管 1 中心轴方向进给，链式超声探头架 2 沿弯管表面作周向运动进行检测的全表面探伤方法。

[0030] 结合图 2、图 3、图 4 和图 5 所示，移动式环形进给机构关于待检测弯管 1 的中心轴线对称放置，环形导轨 3 的内圈中间安装有内齿轮 7，环形导轨 3 的底端开有一段开口，使移动式环形进给机构沿待检测弯管 1 轴线进给时不会碰到液压支撑架。两个液压支撑缸 9 上的液压支撑活塞杆 8 分别对称与环形导轨 3 外侧固接，两个液压支撑缸 9 的底部分别安装有滚轮安装板 10，每块滚轮安装板 10 底部各安装有 4 个绕竖直方向的安装轴无限旋转的滚轮，因此移动式环形进给机构移动时可任意转变运动方向，可以通过调整液压支撑活塞杆 8 的升降高度，使待检测弯管 1 中心轴线和环形导轨 3 的圆心位于同一高度，即进行周向超声波检测的弯管圆周和环形导轨 3 同圆心。靠近待检测弯管 1 曲率中心的液压支撑缸 9 的外侧通过定位销和进给气动伸缩杆 13 的一端连接，传动杆 15 的一端垂直固连在进给气动伸缩杆 13 的另一端，传动杆 15 的另一端通过滚动轴承安装在第一电机安装板 18 上，传动杆 15 可绕第一电机安装板 18 旋转。传动蜗轮 22 安装在传动杆 15 上，进给伺服电机 17 安装在第一电机安装板 18 上，传动蜗轮 22 与安装在进给伺服电机 17 上的传动蜗杆 16 啮合，第一电机安装板 18 安装在调整轨道 14 上，第一电机安装板 18 可按要求沿调整轨道 14 改变安装位置。因此进给伺服电机 17 工作可以带动传动杆 15 转动，进而带动进给气动伸缩杆 13 转动，从而使移动式环形进给机构作圆周运动。按待检测弯管 1 的曲率半径调整进给气动伸缩杆 13 的伸长长度，再调整第一电机安装板 18 的安装位置，使进给气动伸缩杆 13 安装在靠近待检测弯管 1 曲率中心的液压支撑缸 9 的外侧时，传动杆 15 转动中心和待检测弯管 1 的曲率中心重合，从而进给伺服电机 17 带动传动杆 15 转动时，移动式环形进给机构能沿着待检测弯管 1 的中心轴线方向运动。

[0031] 两套结构相同的弯管超声波检测机构分别安装在环形导轨 3 的两侧，分别负责对

待检测弯管 1 的两侧进行超声波检测，检测气动伸缩杆 5 的一端通过检测气动伸缩杆固定螺栓 19 安装在回转机构外箱体 20 上。

[0032] 结合图 6 所示，该图为回转机构外箱体 20 内部结构示意图。两个回转机构外箱体 20 分别安装在环形导轨 3 的内侧，回转机构外箱体 20 由两块相同的箱体壁通过回转机构外箱体连接螺栓 27 连接在一起构成，每块箱体壁顶端外沿有弧形的突起部分，突起部分的曲率半径和环形导轨 3 外圈半径一致，当回转机构外箱体 20 安装在环形导轨 3 上时，箱体壁顶端外沿的弧形突起部分刚好紧扣在环形导轨 3 的外圈上，因此回转机构外箱体 30 外圈沿可在环形导轨 3 的外圈上滑动。齿轮轴 23 安装在回转机构外箱体 20 上，安装在齿轮轴 23 中间的传动齿轮 26 与环形导轨 3 上的内齿轮 7 啮合，齿轮轴 23 的一端通过联轴器与检测伺服电机 6 连接，检测伺服电机 6 安装在第二电机安装板 21 上，两根支撑滚轮轴 24 分别通过滚动轴承安装在回转机构外箱体 20 上，两根支撑滚轮轴 24 分列在齿轮轴 23 的两侧，每根支撑滚轮轴 24 的两侧分别安装有两个用作支撑作用的支撑滚轮 25，支撑滚轮 25 底部与环形导轨 3 内圈的突起外沿相接触，可在环形导轨内圈的突起外沿上滚动。在检测伺服电机 6 的驱动下，弯管超声波检测机构可以沿着环形导轨 3 运动。

[0033] 结合图 7 所示，多个探头安装架 30 之间通过两侧的弹性皮筋 29 相连，组成链式超声探头架 2，在链式超声探头架 2 的两端同样通过弹性皮筋 29 与链式超声探头架安装架 4 相连，链式超声探头架安装架 4 垂直固连在检测气动伸缩杆 5 的一端。当链式超声探头架 2 不与待检测弯管 1 接触时，链式超声探头架 2 在链式超声探头架安装架 4 上处于绷直状态。检测气动伸缩杆 5 的伸缩运动可以调整链式超声探头架 2 与待检测弯管 1 表面之间的距离，链式超声探头架 2 通过检测气动伸缩杆 5 推动与待检测弯管 1 表面接触后，检测气动伸缩杆 5 继续给链式超声探头架 2 施加压力，由于弹性皮筋 29 伸长后的张紧力作用而使链式超声探头架 2 紧贴在待检测弯管 1 表面。

[0034] 结合图 8 和图 9 所示，链式超声探头架 2 由多个探头安装架 30 通过弹性皮筋 29 连接而成。超声波检测探头 28 工作时与弯管外壁之间的耦合方式采用溢水耦合方式，因此在每个探头安装架 30 都设计有 4 个进水管口 31，用于外接软管供水。每个探头安装架 30 均可以在里面安装 1 个四通道的超声波检测探头 28，超声波检测探头 28 可以选用横波斜探头或者纵波直探头。超声波检测探头 28 的两端各粘有两块带螺纹孔的长方体金属块，通过连接螺钉安装在探头安装架 30 上。超声波检测探头 28 两端的带螺纹孔金属块比超声波检测探头 28 稍厚，从而当超声波检测探头 28 安装在探头安装架 30 上时，超声波检测探头 28 顶面和探头安装架 30 之间有一定间隙，使进水管口 31 接入的用作耦合的水能顺畅均匀的流到超声波检测探头 28 的检测面上。

[0035] 结合图 10 所示，液压支撑架由液压缸 12，液压活塞杆 32 和 V 型支撑架 33 构成。V 型支撑架 33 安装在液压活塞杆 32 上，两侧伸展的钢板成 V 字型，可以使不同管径的待检测弯管 1 均沿多个液压支撑架组成的弯管保持底座的中心线放置。可以通过调整各液压支撑架的排布位置，从而使多个液压支撑架排布成的弯管保持底座曲率半径和待检测弯管 1 的中心轴线曲率半径相同，待检测弯管 1 可以平稳放置在弯管保持底座上。当链式超声探头架 2 对某一管段进行超声波检测时，用于支撑该管段的液压支撑架下降，使待检测管段上无液压支撑架相接触，可以确保两套弯管超声波检测机构可对弯管作完整的周向检测。

[0036] 在超声波检测机构的周边有矩形围栏 11，用于收集作溢水耦合超声波检测时流出

的水。

[0037] 整个系统的工作流程如下：

[0038] 1. 根据该批次待检测弯管 1 弯曲弧度大小调整各液压支撑架之间的间隔，使多个液压支撑架组成的弯管保持底座的圆弧形中心线曲率半径和待检测弯管 1 的中心轴线曲率半径相等。再调整进给气动伸缩杆 13 的长短和第一电机安装板 18 的位置，使进给气动伸缩杆 13 安装在靠近待检测弯管 1 曲率中心的液压支撑缸 9 的外侧上时，传动杆 15 的转动中心和弯管保持底座的圆弧形中心线曲率中心重合，最后调整液压支撑活塞杆 8 的升降高度，使待检测弯管 1 中心轴线和环形导轨 3 的圆心位于同一高度。将待检测弯管 1 放置在弯管保持底座上。

[0039] 2. 进给伺服电机 17 带动传动蜗杆 16 转动，传动蜗杆 16 通过带动传动蜗轮 22 转动使传动杆 15 转动，从而使进给气动伸缩杆 13 作水平平面的转动，进给气动伸缩杆 13 带动移动式环形进给机构沿待检测弯管 1 中心轴线方向进给，同时打开水阀，使进水管口 31 进水，准备进行超声波检测。

[0040] 3. 当移动式环形进给机构到达待检测管段时进给伺服电机 17 停止工作，移动式环形进给机构停止运动，同时该管段下方的液压支撑架下降，两套弯管超声波检测机构分别开始对该段弯管的两侧沿圆周方向进行探伤检测。首先两套弯管超声波检测机构中的检测气动伸缩杆 5 分别伸长使各自的链式超声探头架 2 与待检测弯管 1 接触并继续伸长给链式超声探头架 2 施加一定压力，由于链式超声探头架 2 中各探头安装架 30 之间使用弹性皮筋 29 进行连接，因此在压力作用下各弹性皮筋 29 伸长使链式超声探头架 2 紧贴在待检测弯管 1 外壁上。接着两套弯管超声波检测机构中的检测伺服电机 6 分别开始工作，转动方向相反，驱动两套弯管超声波检测机构作方向相反的运动，从而带动各自的链式超声探头架 2 沿待检测弯管 1 表面作周向运动。由于检测气动伸缩杆 5 始终给链式超声探头架安装架 4 施加一定压力，从而链式超声探头架 2 能始终贴附在待检测弯管 1 表面。

[0041] 以图 2 中弯管剖面左侧圆周面的超声检测为例进行说明，检测伺服电机 6 驱动弯管超声波检测机构沿环形导轨 3 从初始水平位置作顺时针方向运动，从而链式超声探头架 2 沿弯管表面做顺时针方向周向运动，当链式超声探头架 2 的一端到达待检测弯管 1 检测剖面圆周竖直方向最高点后检测伺服电机 6 反转，弯管超声波检测机构沿环形导轨 3 作逆时针方向运动，当链式超声探头架 2 的一端到达待检测弯管 1 检测剖面圆周竖直方向最低点后检测伺服电机 6 反转，弯管超声波检测机构沿环形导轨 3 作逆时针方向运动回到初始水平位置，最后检测气动伸缩杆 5 收缩使链式超声探头架 2 离开待检测弯管 1 表面，完成一次弯管周向超声检测。在检测过程中，由于链式超声探头架 2 是作一个回摆运动，因此对同一片区域链式超声探头架 2 会经过两次，提高了检测的精度。

[0042] 4. 当完成一次弯管周向超声波检测后，位于检测管段下方的液压支撑架上升与待检测弯管 1 接触起支撑作用，进给伺服电机 17 再次工作带动移动式环形进给机构前进一小段距离，之后进给伺服电机 17 停止工作，弯管超声波检测机构重复步骤 3 中的运动完成对该段弯管的超声检测。

[0043] 重复上述工作，进而完成对整根弯管的超声检测。移动式环形进给机构的进给运动和弯管超声波检测机构的检测均在工控机控制下自动完成。

[0044] 5. 卸下已检测弯管并放置下一根未检测弯管开始下一轮检测。

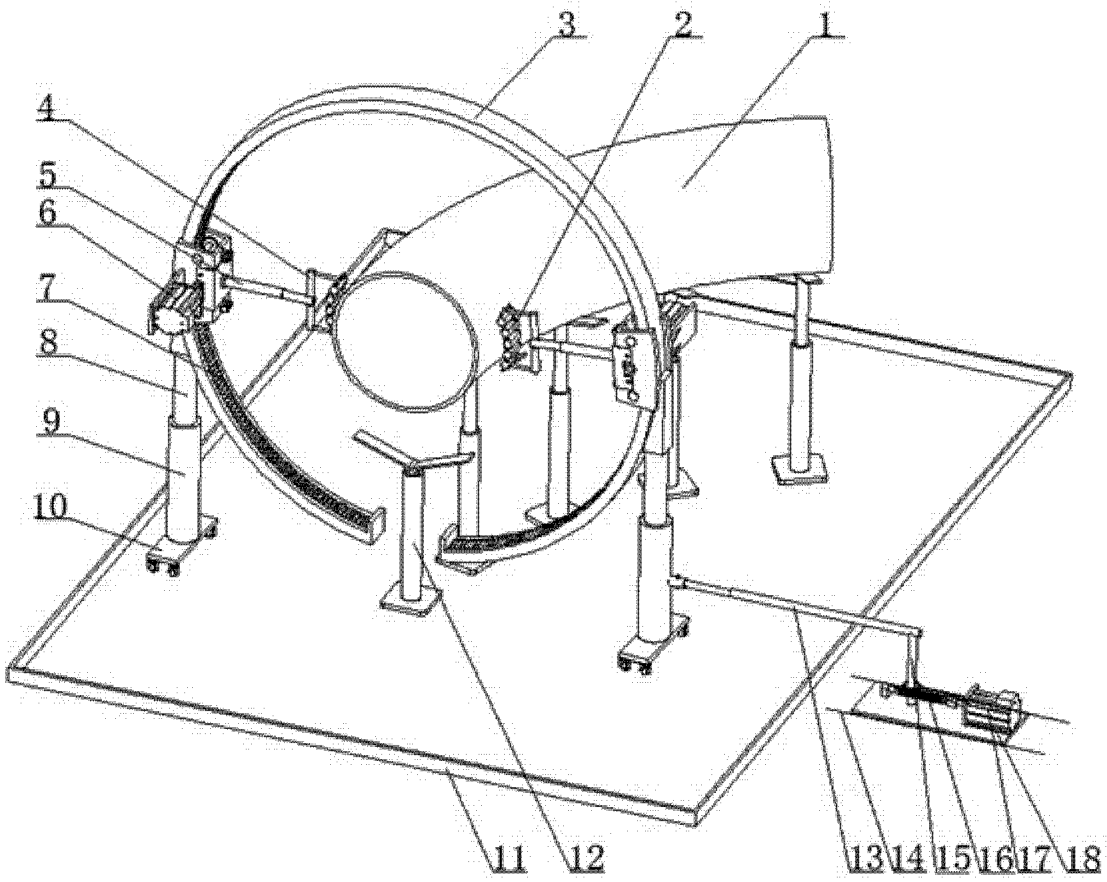

3
2
1
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18

图 1

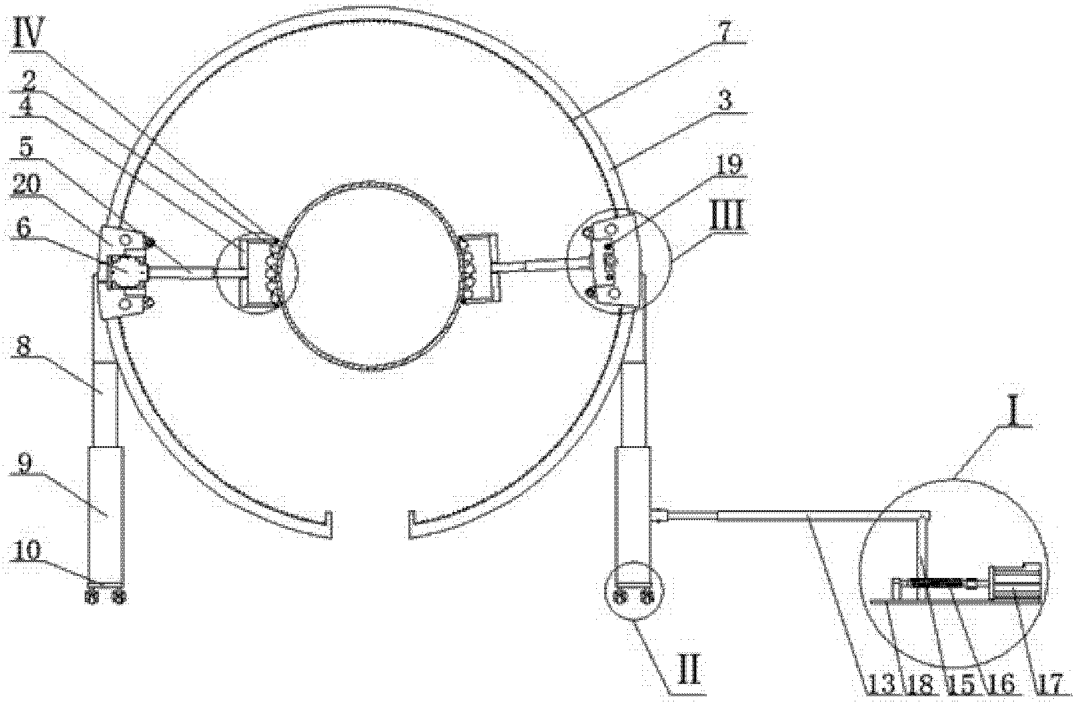

IV
2
4
5
20
6
7
3
19
III
8
9
10
I
II
13
18
15
16
17

图 2

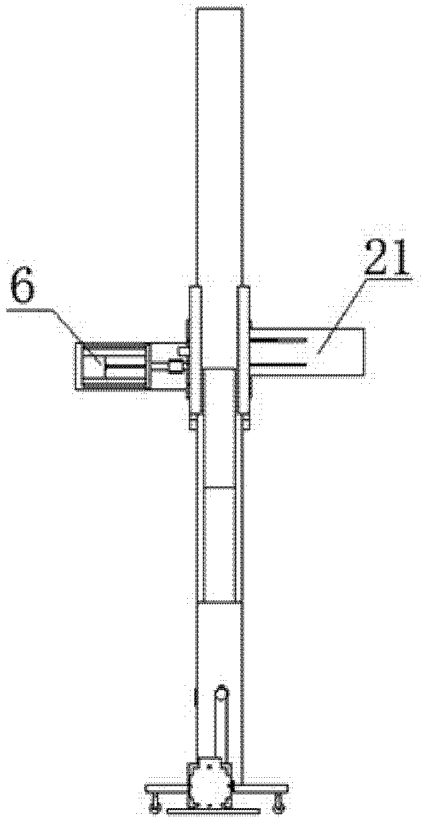


图 3

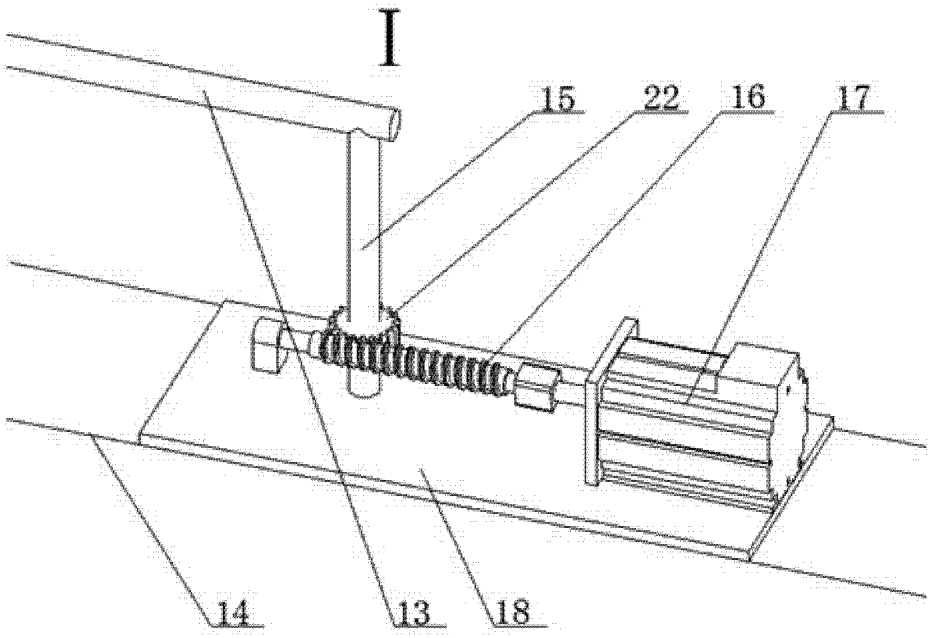


图 4

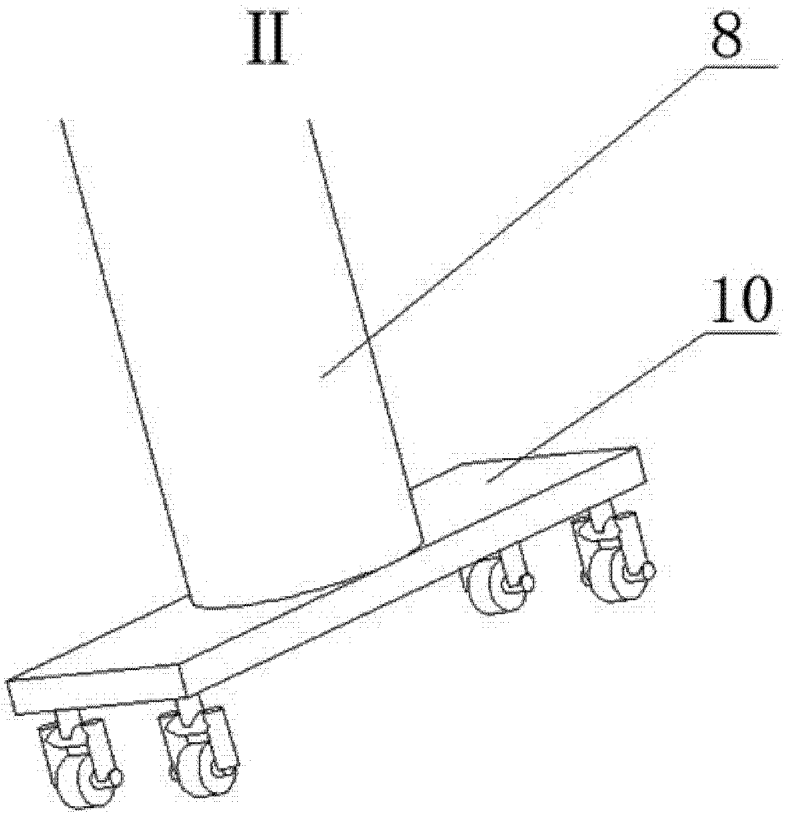


图 5

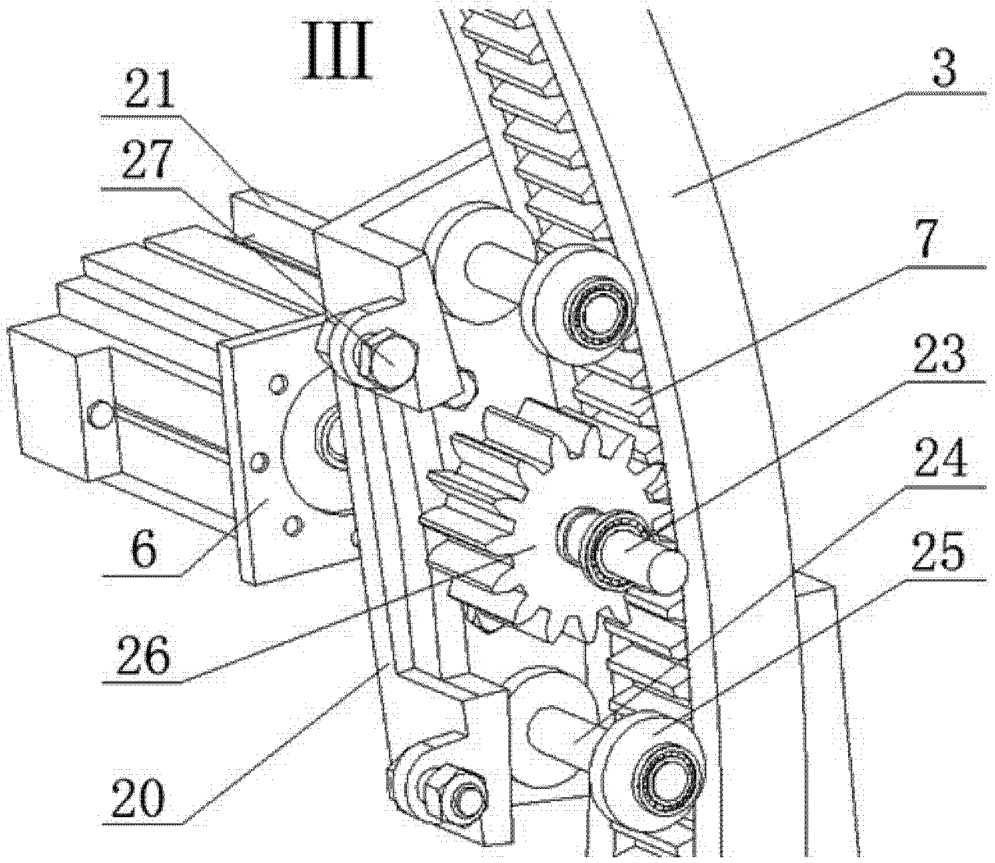


图 6

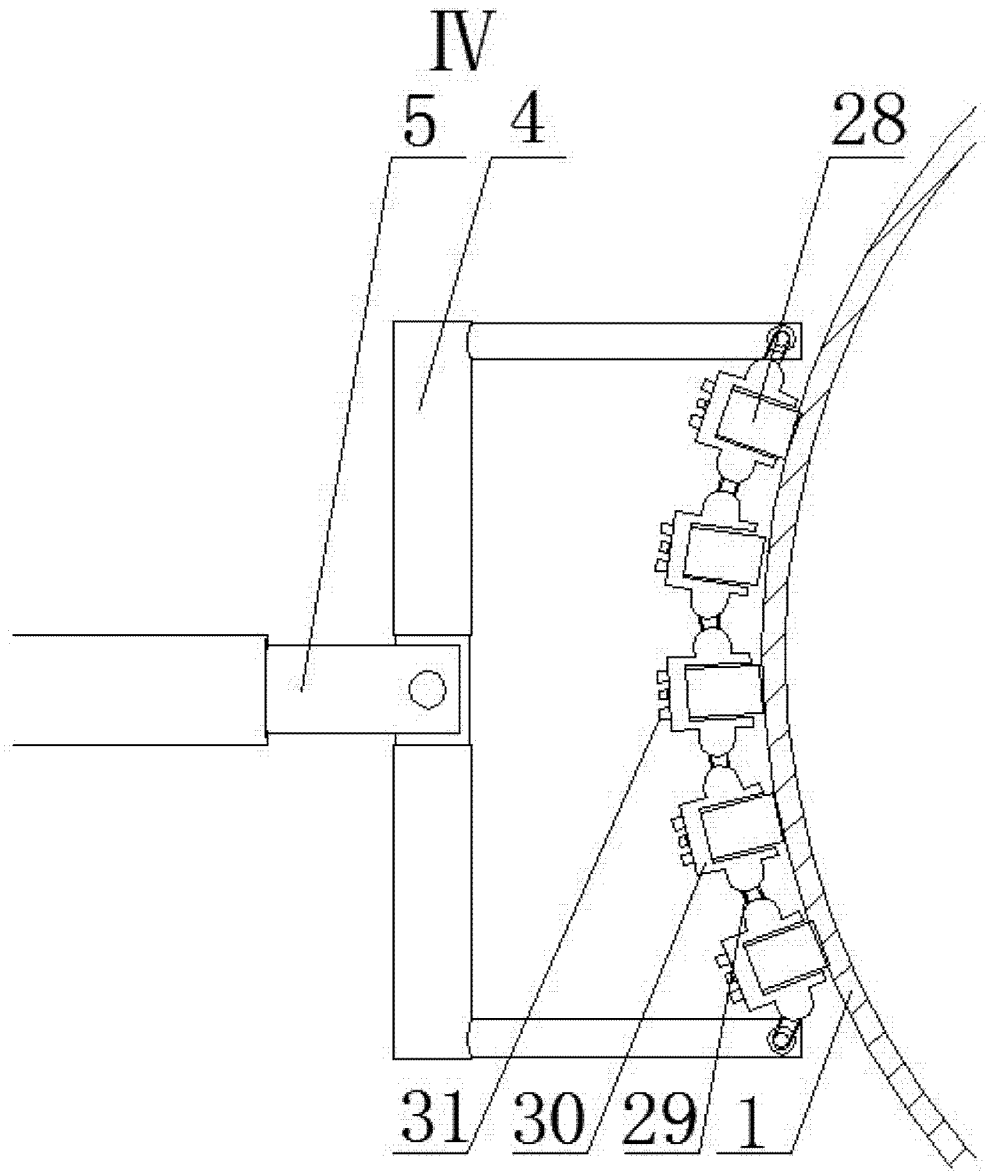


图 7

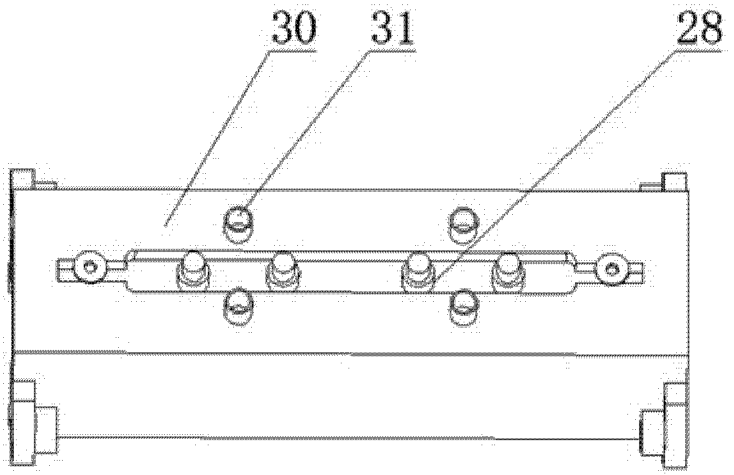


图 8

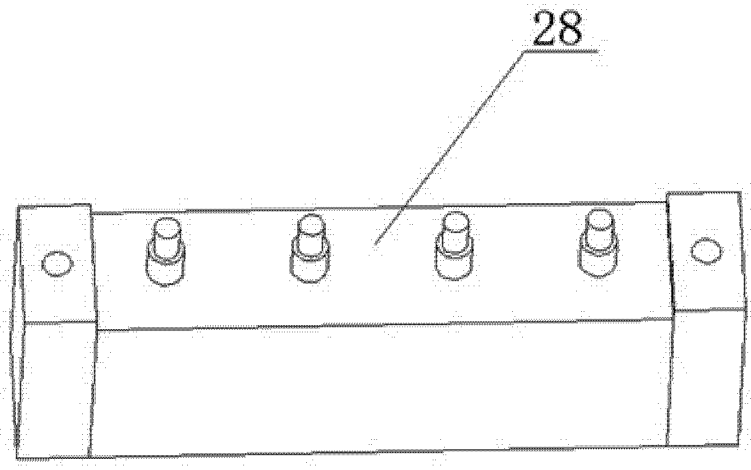


图 9

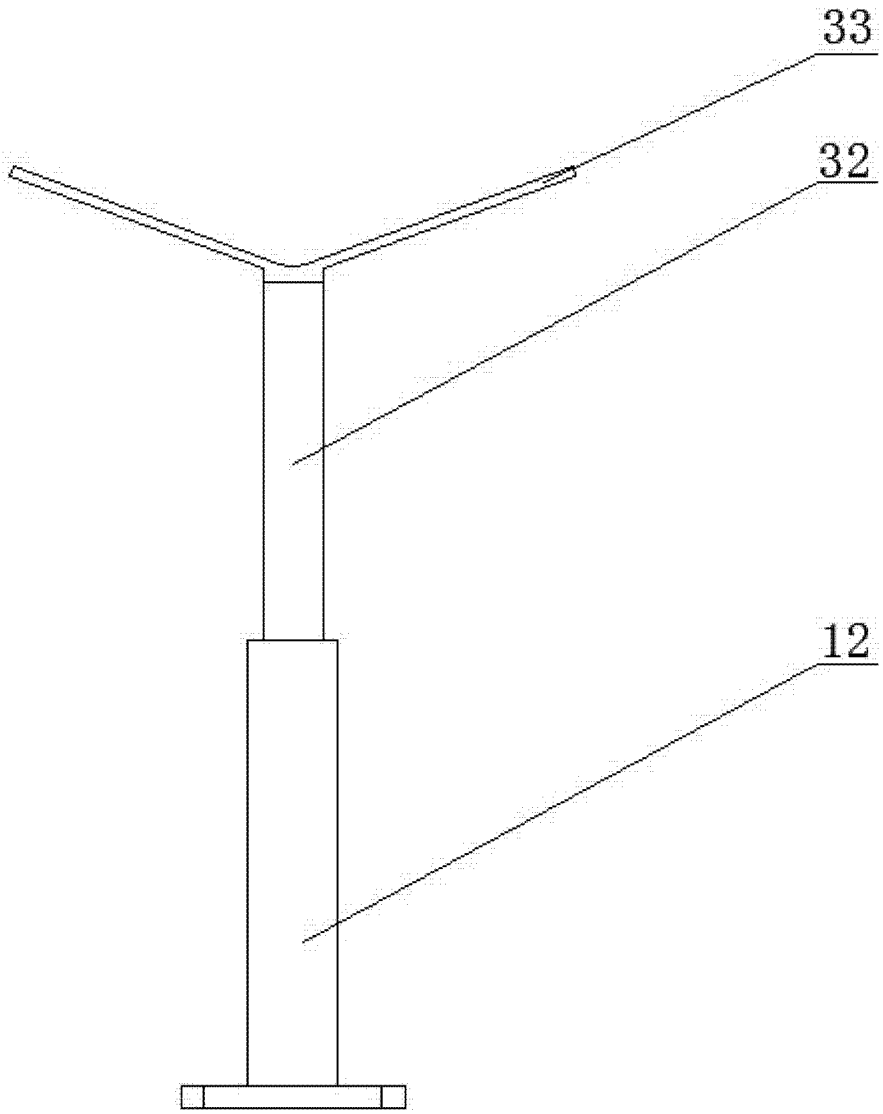


图 10