(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 102539261 B
(45)授权公告日 2014.04.02

(21)申请号 201110446626.1

(22)申请日 2011.12.28

(73)专利权人 中国石油天然气集团公司
地址 100007 北京市东城区东直门北大街9号中国石油大厦
专利权人 中国石油天然气集团公司管材研究所
中国重型机械研究院有限公司

(72)发明人 吉玲康 李彦峰 陈宏远 邹海萍 冯耀荣 左水利 宫少涛 杨勇鸣 黄呈帅

(74)专利代理机构 北京市中实友知识产权代理有限责任公司 11013
代理人 谢小延

(51)Int.Cl.
*G01N 3/36*(2006.01)

(56)对比文件
US 2008/0034885 A1,2008.02.14,
CN 2069314 U,1991.01.16,
CN 102141494 A,2011.08.03,

审查员 方东

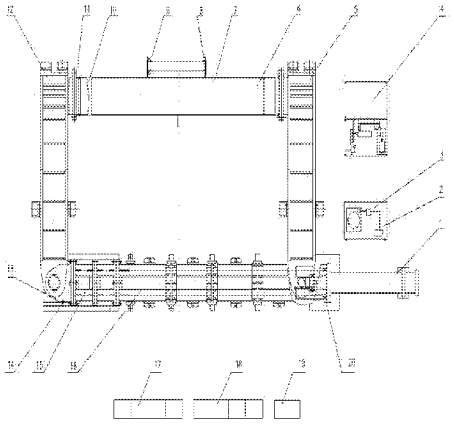
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54)发明名称

一种钢管弯曲变形试验系统

(57)摘要

本发明涉及一种钢管轴向弯曲变形试验系统，包括：油缸(1)、液压系统(2)、压力传感器(3)、水压系统(4)、移动侧力臂(5)、试验钢管(6)、应变计(7)、试验管中部2D长度位置转角测量装置(8)、拉线式位移传感器(I)(9)、过渡环(10)、连接法兰(11)、固定侧力臂(12)、试验管管端转角测量装置(13)、拉线式位移传感器(II)(14)、调整节(15)、承力梁(16)、控制系统(17)、计算机数据采集与处理系统(18)、应力应变测量系统(19)、拉线式位移传感器(III)(20)；本试验系统能模拟输送管承受的实际服役载荷，进行不同直径、壁厚、长度的试验管的测量试验，准确、可靠、便捷。



CN 102539261 B

1. 一种钢管轴向弯曲变形试验系统，包括：

油缸（1）、液压系统（2）、压力传感器（3）、水压系统（4）、移动侧力臂（5）、试验钢管（6）、应变计（7）、试验管中部 2D 长度位置转角测量装置（8）、拉线式位移传感器Ⅰ（9）、过渡环（10）、连接法兰（11）、固定侧力臂（12）、试验管管端转角测量装置（13）、拉线式位移传感器Ⅱ（14）、调整节（15）、承力梁（16）、控制系统（17）、计算机数据采集与处理系统（18）、应力应变测量系统（19）、拉线式位移传感器Ⅲ（20）；其特征在于：

采用四根承力梁（16）承力结构，固定侧力臂装置（12）和移动侧力臂（5）加载，单油缸（1）驱动，试验管（6）水平放置结构；

固定侧力臂（12）通过轴与上轴座和下轴座连结在一起；上轴座、下轴座与四个 H 型钢的承力梁（16）连结在一起；移动侧力臂移动时，固定侧力臂围绕着轴旋转；

移动侧力臂的力臂上盖通过 4 个销轴固定在移动侧力臂（5）上，芯轴通过前支撑和力臂上盖与移动侧力臂连接；移动侧力臂通过芯轴与上轴承座、下轴承座连接；在下轴承座上安装有滚轮装置；在油缸推动移动侧力臂移动时，滚轮装置在下两个 H 型钢面上滚动，上轴承座沿着上两个 H 型钢的滑动面上滑动，同时下轴承座沿着下两个 H 型钢的滑动面上滑动；

油缸（1）通过油缸上支架和下支架固定到基础支撑上；通过油顶头及压板将油缸连接到移动侧力臂上；通过安装在移动侧力臂上的 4 个键对油缸的伸出端进行 Y 方向定位；

调整节（15）设置在承力梁（16）上；应变计（7）、试验管中部 2D 长度位置转角测量装置（8）、拉线式位移传感器Ⅰ（9）设置在试验管（6）上；过渡环（10）、连接法兰（11）设置在试验管（6）两端，与移动侧力臂和固定侧力臂连接；试验管管端转角测量装置（13）、拉线式位移传感器Ⅱ（14）设置在固定侧力臂和承力梁（16）连接处；拉线式位移传感器Ⅲ（20）设置在油缸与移动侧力臂连接处。

2. 根据权利要求 1 所述的钢管轴向弯曲变形试验系统，其特征在于：

通过采集与处理压力传感器（3）、拉线式位移传感器Ⅲ（20）的输出实现载荷－位移的实时测量；通过采集与处理应变计（7）和应力应变测量系统（19）的输出实现试验管应力－应变分布的实时测量；通过采集与处理拉线式位移传感器Ⅰ（9）的输出实现载荷－试验管中部 2D 长度位置转角的实时测量；通过采集与处理拉线式位移传感器Ⅱ（14）的输出实现载荷－试验管管端转角的实时测量。

3. 根据权利要求 1 所述的钢管轴向弯曲变形试验系统，其特征在于：试验系统的数据采集、处理及显示方式：油气输送管弯曲变形试验系统的传感器输出通过控制系统（17）的相关模块后输出到计算机数据采集与分析系统（18），计算机数据采集与分析系统（18）按要求进行记录、处理、分析。

# 一种钢管弯曲变形试验系统

## 技术领域

[0001] 本发明涉及一种钢管弯曲变形试验系统。

## 背景技术

[0002] 目前国际上具有类似试验能力的机构有英国焊接研究所 TWI，加拿大 C-FER 公司等研究机构。其中 TWI 的整管弯曲试验系统采用了四点弯曲的设备构造，通过两个支撑点对钢管施加弯矩；而加拿大 C-FER 则是在一台大型立式拉伸机的基础上，加装力臂对钢管施加弯矩。前者具有载荷大，试验能力强的优点，但是四点弯曲的试验形式容易引起钢管的局部变形。后者的虽然不存在局部变形的问题，但是由于试验设备受到大型拉伸机的空间限制，试验管过短，难以施加足够的弯矩，并且往往要附带有很强的轴向压缩载荷。他们都不能获得理想的弯曲变形试验条件。

[0003] 本发明通过采用卧式设备结构，解决了设备试验能力的问题。使用双力臂加载，并且力臂足够长，可以获得充分的弯曲载荷。从而成为一种相对理想的全尺寸弯曲试验设备。

## 发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种钢管弯曲变形试验系统。能可靠、方便、准确地测量出试验钢管在承受弯曲载荷下的压力 - 位移、压力 - 转角及应力 - 应变的实时情况。

[0005] 本发明所述的钢管弯曲变形试验系统由油缸 1、液压系统 2、压力传感器 3、水压系统 4、移动侧力臂 5、试验管 6、应变计 7、试验管中部 2D 长度位置转角测量装置 8、拉线式位移传感器 (I)9、过渡环 10、连接法兰 11、固定侧力臂 12、试验管端转角测量装置 13、拉线式位移传感器 (II)14、调整节 15、承力梁 16、控制系统 17、计算机数据采集与处理系统 18、应力应变测量系统 19、拉线式位移传感器 (III)20 构成；

[0006] 采用四根承力梁 16 承力结构，固定侧力臂 12 和移动侧力臂 5 加载，单油缸 1 驱动，试验管 6 水平放置结构；

[0007] 固定侧力臂 12 通过轴与上轴座、下轴座连结在一起；上轴座、下轴座与四个 H 型钢的承力梁 16 连结在一起；移动侧力臂移动时，固定侧力臂围绕着轴旋转；

[0008] 移动侧力臂的力臂上盖通过 4 个销轴固定在移动侧力臂 5 上，芯轴通过前支撑和力臂上盖与移动侧力臂连接；移动侧力臂通过芯轴与上轴承座、下轴承座连接；在下轴承座上安装有滚轮装置；在油缸推动移动侧力臂移动时，滚轮装置在下两个 H 型钢面上滚动，上轴承座沿着上两个 H 型钢的滑动面上滑动，同时下轴承座沿着下两个 H 型钢的滑动面上滑动；

[0009] 油缸 1 通过油缸上支架、下支架固定到基础支撑上；通过油顶头及压板将油缸连接到移动侧力臂上；通过安装在移动侧力臂上的 4 个键对油缸的伸出端进行 Y 方向定位，避免因伸出端太长引起油缸头下垂；在油缸的头部和中部用油缸支架将其固定到基础支撑上；

[0010] 调整节 15 设置在承力梁 16 上；应变计 7、试验管中部 2D 长度位置转角测量装置 8、

拉线式位移传感器 (I)9 设置在试验管 6 上 ;过渡环 10、连接法兰 11 设置在试验管 6 两端，与移动侧力臂和固定侧力臂连接 ;试验管端转角测量装置 13、拉线式位移传感器 (II)14 设置在固定侧力臂和承力梁 16 连接处 ;拉线式位移传感器 (III)20 设置在油缸与移动侧力臂连接处。

[0011] 本发明试验系统可同时对试验管段加载内压及弯矩载荷，通过水压系统 4 对试验管段内部加载 12MPa 内压，并在试验管弯曲变形试验过程中保持恒定压力不变。通过固定侧力臂 12、移动侧力臂 5、承力梁 16、油缸 1 等部件对试验管施加弯曲载荷，并使它们组成一个封闭的受力系统。液压系统 2 控制油缸 1 对移动侧力臂施加机械加载，使试验管 6 承受弯曲载荷。加载速率及载荷大小由计算机控制系统 17 进行自动控制。加载载荷具有全程不分档的特点。通过可精确控制加载力大小及速率的台阶式加载方式，实现加载 - 测量的反复循环过程。系统能实现位移控制加载及负荷控制加载方式。

[0012] 本发明试验系统能模拟油气输送管承受的实际服役载荷，通过选用不同的连接法兰 11、变化调整节 15 个数及选用不同规格尺寸的过渡环 10 可方便地完成不同直径和长度试验管的试验。能实现对直径 508 ～ 1219mm、最大壁厚 22mm、长度 6 ～ 10m、材质为 X70 ～ X100 钢管的压缩 - 弯曲变形试验。

[0013] 本发明试验系统的测量系统能实现四组参数的直接测量，通过采集与处理压力传感器 3、拉线式位移传感器 (III)20 的输出实现载荷 - 位移的实时测量 ;通过采集与处理应变计 7 和应力应变测量系统 19 的输出实现试验管应力 - 应变分布的实时测量 ;通过采集与处理拉线式位移传感器 (I)9 的输出实现载荷 - 试验管中部 2D 长度位置转角的实时测量 ;通过采集与处理拉线式位移传感器 (II)14 的输出实现载荷 - 试验管管端转角的实时测量 ;测量系统能实现自动控制、实时监测和自动测量。测量系统稳定性好、精度高。

[0014] 本发明试验系统的数据采集、处理及显示方式 :油气输送管弯曲变形试验系统的传感器输出通过控制系统 17 的相关模块后输出到计算机数据采集与分析系统 18，计算机数据采集与分析系统 18 按要求进行记录、处理、分析。

[0015] 试验数据能实现计算机自动控制采集、存取、处理并能实现实时显示，打印试验结果和曲线。数据采集及处理系统具有良好兼容性好，界面好，易于操作。可以根据已记录数据绘制出二维、三维曲线，并具有查询历史数据及相对应的参数曲线功能。

[0016] 为保证试验系统安全、可靠地使用，本发明试验系统的控制系统 17 具有 :超载、限位、超温、超电压及油污自动报警等多种保护功能。

[0017] 发明的效果

[0018] 本发明试验系统的建立，提供了一种研究高压、大口径、大壁厚、高钢级的石油天然气输送管抗弯曲载荷性能的手段。能进行不同直径、壁厚、长度的试验管的测量试验。试验系统能模拟输送管承受的实际服役载荷，准确、可靠、便捷地进行试验管抗变形能力和应变强化能力的试验研究工作。可实时采集、记录、显示载荷、位移、角度、应力应变等试验参数，对试验参数进行各种分析并能显示试验参数曲线，打印试验结果。

[0019] 本试验新型试验系统能测量试验钢管在发生压缩 - 弯曲变形时，试验钢管应力应变分布情况，确定试验钢管屈曲失稳时的应变极限。评估压缩 - 弯曲负荷下钢管的抗屈曲变形能力。研究钢管弯曲负荷下的抗变形能力是进行管线的应变设计的基础，为管线应变设计工作提供理论依据，以提高管线设计和运行的安全可靠性，降低管线建设和运行的成

本。根据大量的试验数据，可以总结、归纳，建立国内油气输送钢管质量评价体系。

## 附图说明

[0020] 图 1 钢管弯曲变形试验系统结构示意图。

[0021] 其中：1 油缸、2 液压系统、3 压力传感器、4 水压系统、5 移动侧力臂、6 试验管、7 应变计、8 试验管中部 2D 长度位置转角测量装置、9 拉线式位移传感器 (I)、10 过渡环、11 连接法兰、12 固定侧力臂、13 试验管端转角测量装置、14 拉线式位移传感器 (II)、15 调整节、16 承力梁、17 控制系统、18 计算机数据采集与处理系统、19 应力应变测量系统、20 拉线式位移传感器 (III)

## 具体实施方式

[0022] 根据试验管直径和长度，选择相对应的连接法兰、过渡环、调整节，调整好试验系统的试验管装夹系统。根据试验要求及目的制备试验管，包括试验管与过渡环及连接法兰的焊接、几何参数测量、布置测点、静态水压试验等，然后将制备好的试验管连接到加载力臂上。安装并调整好试验管管端转角测量装置及位移传感器、试验管中部 2D 长度位置转角测量装置及位移传感器，连接并调整好应力应变测量系统、油缸及位移传感器，准备进入试验阶段。

[0023] 打开试验管注水系统对试验管进行注水、加压到试验要求并进行保压，工业计算机控制加载油缸按程序进行压缩 - 弯曲加载，模拟油气输送管在服役过程中承载情况。通过固定侧力臂、移动侧力臂、承力梁等部件对试验管施加压缩 - 弯曲载荷，并使它们组一个封闭的受力系统。加载速率及载荷大小由控制系统进行自动控制。通过可精确控制载荷大小及速率的台阶式加载方式，实现加载 - 测量的反复循环过程。系统能实现位移控制加载及负荷控制加载。在控制计算机上可实时观察、控制试验管在试验过程中的变形情况。

[0024] 数据采集及处理系统完成整个变形过程的全部数据采集和记录，并可实时显示。试验完成后可在数据采集与处理计算机上进行试验结果的显示、分析和打印。根据试验要求获得压力 - 位移曲线、压力 - 转角曲线、应力 - 应变曲线等曲线。还可以得到试验管的变形规律、应力应变分布情况及试验管的机械性能等参数。

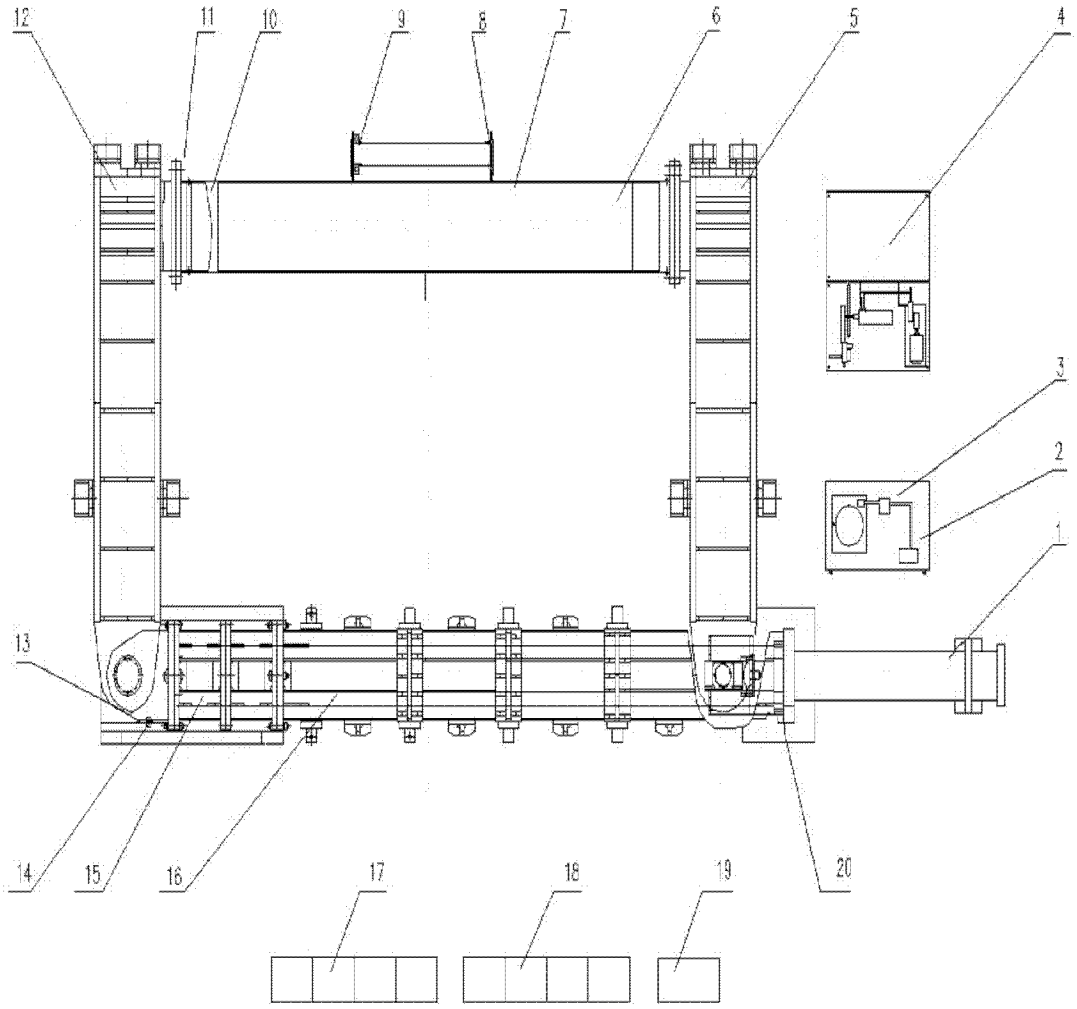



图 1