



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104237454 B

(45)授权公告日 2016.09.07

(21)申请号 201310240771.3

(22)申请日 2013.06.18

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104237454 A

(43)申请公布日 2014.12.24

(73)专利权人 中国石油天然气股份有限公司
地址 100007 北京市东城区东直门北大街9号中国石油大厦

(72)发明人 代晓东 黄维和 刘诚 李树东
郭旭 贾子麒 李国平 张超

(74)专利代理机构 北京康信知识产权代理有限
责任公司 11240

代理人 吴贵明 张永明

(51)Int.Cl.

G01N 33/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 102507871 A, 2012.06.20,
CN 101718710 A, 2010.06.02,
CN 1730627 A, 2006.02.08,
CN 201749101 U, 2011.02.16,
US 2004255649 A1, 2004.12.23,
WO 2007106810 A2, 2007.09.20,
CN 203396762 U, 2014.01.15,

审查员 张煜

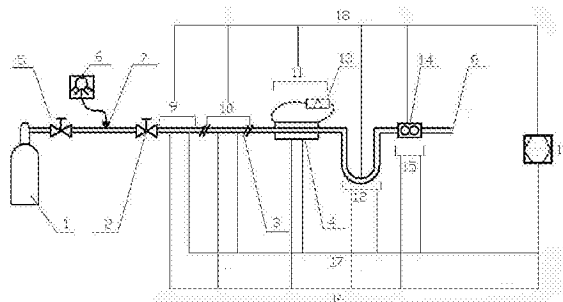
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

天然气管道水合物模拟生成测试方法及装置

(57)摘要

本发明是一种天然气管道水合物模拟生成测试方法及装置。测试方法为：清扫压力降测试管段(9)、粗糙管壁测试管段(10)、低温测试管段(11)、弯头测试管段(12)和流量计测试管段(15)管内残留的空气；调节低温测试管段(11)到指定温度，将液态水以雾状微滴的形态注入压力降测试管段(9)；观测各个测试管段的水合物生成情况、温度及压力的变化情况，记录水合物出现、成长及堵塞时的时间、流量及压力数据；据天然气水合物生成情况，结合温度和压力数据，分析天然气水合物生成的环境因素和所需条件，确定易导致天然气水合物生成的关键管段。本发明操作简单，测量手段多样，测量数据接近实际管道输送环境。



1. 一种天然气管道水合物模拟生成测试方法,其特征是测试方法采用的装置是:储有测试气体的储气罐(1)经管道接储气罐开关阀(5)和流量控制阀(2),在该两阀之间安装高压喷雾装置(6)和注射器(7);流量控制阀(2)后依次串联的压力降测试管段(9)、粗糙管壁测试管段(10)、低温测试管段(11)、弯头测试管段(12)和流量计测试管段(15);低温测试管段(11)外周包有冷凝水循环冷却装置及温度感应装置(4),冷凝水循环冷却装置及温度感应装置(4)连有压缩机(13);流量计测试管段(15)安装有流量计(14);压力降测试管段(9)、粗糙管壁测试管段(10)、低温测试管段(11)、弯头测试管段(12)和流量计测试管段(15)均安装视频采集设备(17)、温度信息采集设备(16)和压力信息采集设备(18);温度信息采集设备(16)、视频采集设备(17)、压力信息采集设备(18)与计算机中控系统(19)连接;使用本天然气管道水合物模拟生成装置测试对天然气管道水合物模拟生成的测试方法为:清扫压力降测试管段(9)、粗糙管壁测试管段(10)、低温测试管段(11)、弯头测试管段(12)和流量计测试管段(15)管内残留的空气;调节低温测试管段(11)到指定温度,用高压喷雾装置(6)和注射器(7)能将液态水以雾状微滴的形态注入压力降测试管段(9);通过视频采集设备传输的画面观测各个测试管段的水合物生成情况、温度及压力的变化情况,记录水合物出现、成长及堵塞时的时间、流量及压力数据,当某处管段的天然气水合物完全堵塞主管路的时候,测试结束,记录温度、压力数据,保存视频文件;换用不同表面粗糙度管壁的粗糙管壁测试管段(10),或在弯头测试管段(12)注入一定量的液体水,重复上述测试,观察测试现象,记录测试结果;根据天然气水合物生成情况,结合温度和压力数据,分析天然气水合物生成的环境因素和所需条件,确定易导致天然气水合物生成的关键管段。

2. 根据权利要求1所述的天然气管道水合物模拟生成测试方法,其特征是具体为:第一步:开启计算机中控系统(19);打开储气罐开关阀(5),缓慢调节流量控制阀(2),观察计算机中控装置(19)中的压力显示数据,将压力降测试管段(9)处的压力调节为2MPa~5MPa;通气5min~10min,清扫管内残留的空气;第二步:打开循环冷却装置及温度感应装置(4),通过控制循环冷却水温度,将管内环境温度控制为-5℃~-10℃;打开高压喷雾装置(6)及注射器(7),将流量为10L/h~15L/h的雾状微滴水注入压力降测试管段(9);通过视频采集设备传输的画面观测各个测试管段的水合物生成情况、温度及压力的变化情况,记录水合物出现、成长及堵塞时的时间、流量及压力数据;第三步:当某处管段的天然气水合物完全堵塞主管路的时候,测试结束,操作计算机中控装置(19)记录温度、压力数据,保存视频文件;依次关闭储气罐开关阀(5)及流量控制阀(2);出现天然气水合物的管段通过浇淋沸水的方式除去水合物固体,管道内残留积水,通过模拟管道拆卸排除;整个测试过程中不存在危害环境和人体的物料,所有废水废气可直接排放到室外;第四步:更换粗糙管壁测试管段,换用不同表面粗糙度管壁的管段,重复上述第一步至第三步的测试,记录测试数据;第五步:在弯头管段注入一定量的液体水,重复上述第二步和第三步的测试,观察测试现象,记录测试结果;第六步:根据天然气水合物生成情况,结合温度和压力数据,分析天然气水合物生成的环境因素和所需条件,确定易导致天然气水合物生成的关键管段。

3. 一种使用如权利要求1所述方法的天然气管道水合物模拟生成装置,其特征是它包括储气罐(1)、流量控制阀(2)、法兰(3)、冷凝水循环冷却装置及温度感应装置(4)、储气罐开关阀(5)、高压喷雾装置(6)、注入装置(7)、模拟主管道(8)、压力降测试管段(9)、粗糙管壁测试管段(10)、低温测试管段(11)、弯头测试管段(12)、压缩机(13)、流量计(14)、流量计

测试管段(15)、温度信息采集设备(16)、视频采集设备(17)、压力信息采集设备(18)和计算机中控系统(19);储有测试气体的储气罐(1)经管道接储气罐开关阀(5)和流量控制阀(2),在该两阀之间安装高压喷雾装置(6)和注射器(7);流量控制阀(2)后依次接压力降测试管段(9)、粗糙管壁测试管段(10)、低温测试管段(11)、弯头测试管段(12)、流量计测试管段(15)和模拟主管道(8);在粗糙管壁测试管段(10)两端有法兰(3)与低温测试管段(11)连接;低温测试管段(11)外周包有冷凝水循环冷却装置及温度感应装置(4),冷凝水循环冷却装置及温度感应装置(4)连有压缩机(13);流量计测试管段(15)安装有流量计(14);压力降测试管段(9)、粗糙管壁测试管段(10)、低温测试管段(11)、弯头测试管段(12)和流量计测试管段(15)均安装视频采集设备(17)、温度信息采集设备(16)和压力信息采集设备(18);温度信息采集设备(16)、视频采集设备(17)、压力信息采集设备(18)与计算机中控系统(19)连接。

4. 根据权利要求3所述的天然气管道水合物模拟生成装置,其特征是所述储气瓶(1)内的测试气体为CO₂气体。

5. 根据权利要求3所述的天然气管道水合物模拟生成装置,其特征是所述模拟主管道(8)为与工业用天然气输送管道材质相近的钢材或其他材质。

6. 根据权利要求3所述的天然气管道水合物模拟生成装置,其特征是所述粗糙管壁测试管段(10)内壁采用特殊工艺处理,其表面粗糙度大于模拟主管道其他管段,且与主管路采用法兰连接,拆卸更换内壁表面粗糙度不同的管路。

7. 根据权利要求3所述的天然气管道水合物模拟生成装置,其特征是所述低温测试管段(11)采用冷凝水循环冷却装置及温度感应装置(4)包覆。

8. 根据权利要求3所述的天然气管道水合物模拟生成装置,其特征是所述流量计测试管段(15)根据要求结合工业用管道流量计实例选择流量计类型。

9. 根据权利要求3所述的天然气管道水合物模拟生成装置,其特征是所述冷凝水循环冷却装置及温度感应装置(4)附有管道温度传感器及温度控制仪,根据需要将管段内流体温度稳定地控制在-10~20℃范围内。

10. 根据权利要求3所述的天然气管道水合物模拟生成装置,其特征是弯头测试管段(12)开有注水孔,根据实验需要向弯头管段注入液体水。

天然气管道水合物模拟生成测试方法及装置

技术领域

[0001] 本发明是一种天然气水合物模拟生成测试方法及装置,涉及管道系统技术领域。

背景技术

[0002] 天然气水合物是以甲烷为主的轻烃和非烃组分在一定温度和压力条件下,与水分子结合形成的笼状似冰固体化合物。水分子通过氢键结合形成部分多面体的笼,气体分子在范德华力作用下被包围在晶格之中。一般水合物形成条件为:

[0003] (1)天然气中有液态水存在或含有过饱和状态汽;

[0004] (2)具有一定的温度与压力;

[0005] (3)有结晶中心存在。

[0006] 水合物一旦形成后,就会减少管道的流通面积,产生节流,加速水合物的进一步形成。水合物不仅可能导致管道堵塞,也可造成分离设备和仪表的堵塞。天然气长输管道内压力温度变化复杂,沿输气管线呈较陡的下降趋势。仅利用入口压力温度来判断水合物的形成是很不精确的。精确预测水合物的形成以及形成的具体位置,对于正确做出管道防堵计划具有重要的经济意义。

[0007] 天然气输送的主要方式是管道输送。天然气管线投产运行过程中,需注入水进行试压,正常运行后仍有部分的水残留;并且,天然气夹带入管线的水也在管道内凝聚。天然气在输送过程中,由于受高速流动、搅动、高压脉动等因素的影响,在管道弯头、调压器、孔板、粗糙管壁等位置易形成水合物,造成管道、分离设备和仪表管路堵塞,严重威胁输送安全。在天然气输送生产中,对冰堵问题只能做到随时出现,随时防治。经过多年的研究,目前对天然气水合物的晶体结构、形成过程、促进以及抑制都有了比较深入的研究。但对于实际运行的输气管线中的天然气形成条件、部位、历程以及形成结构及机理等相关的研究非常鲜见。从技术发展趋势和生产需求角度,需要开发一套模拟装置,用以进行天然气管道积水情况、天然气水合物形成历程及机理、形成条件等相关问题的研究。管道天然气水合物模拟生成装置可以用于管道天然气水合物形成相关问题的研究,为天然气管道结构设计、管道防堵、安全输送提供保障。

[0008] CN101718710A公开了一种用于氢气水合物特性研究的可视化实验装置及方法,但此装置及方法不能够快速确定导致天然气管道水合物生成的管件管段。

发明内容

[0009] 本发明的目的是发明一种能够通过接近于真实天然气管道运输状态的模拟管路的运行、配合多种测量手段实现对天然气管道积水情况、天然气水合物形成历程及机理、形成条件进行测试且操作简单、测量手段多样、测量数据接近实际管道输送环境的天然气管道水合物模拟生成测试方法及装置。

[0010] 本天然气管道水合物模拟生成测试方法是基于管道天然气水合物模拟生成装置,该装置是:储有测试气体的储气罐1经管道接储气罐开关阀5和流量控制阀2,在该两阀之间

安装高压喷雾装置6和注射器7;流量控制阀2后依次串联的压力降测试管段9、粗糙管壁测试管段10、低温测试管段11、弯头测试管段12和流量计测试管段15。低温测试管段11外周包有循环冷却装置4,循环冷却装置4连有压缩机13;流量计测试管段15安装有流量计14;压力降测试管段9、粗糙管壁测试管段10、低温测试管段11、弯头测试管段12和流量计测试管段15均安装视频采集设备17、温度信息采集设备16和压力信息采集设备18;温度信息采集设备16、视频采集设备17、压力信息采集设备18与计算机中控系统19连接。

[0011] 使用本天然气管道水合物模拟生成装置测试对天然气管道水合物模拟生成的测试方法为:清扫压力降测试管段9、粗糙管壁测试管段10、低温测试管段11、弯头测试管段12和流量计测试管段15管内残留的空气;调节低温测试管段11到指定温度,用高压喷雾装置6和注射器7能将液态水以雾状微滴的形态注入压力降测试管段9;通过视频采集设备传输的画面观测各个测试管段的水合物生成情况、温度及压力的变化情况,记录水合物出现、成长及堵塞时的时间、流量及压力数据,当某处管段的天然气水合物完全堵塞主管路的时候,测试结束,记录温度、压力数据,保存视频文件;换用不同表面粗糙度管壁的粗糙管壁测试管段10,或在弯头测试管段12注入一定量的液体水,重复上述测试,观察测试现象,记录测试结果;根据天然气水合物生成情况,结合温度和压力数据,分析天然气水合物生成的环境因素和所需条件,确定易导致天然气水合物生成的关键管段。

[0012] 具体是:

[0013] 第一步:开启计算机中控系统19;打开储气罐开关阀5,缓慢调节流量控制阀2,观察计算机中控装置19中的压力显示数据,将压力降测试管段9处的压力调节为2~5MPa;通气5~10min,清扫管内残留的空气;

[0014] 第二步:打开循环冷却装置及温度感应装置4,通过控制循环冷却水温度,将管内环境温度控制为-5~-10℃;打开高压喷雾装置6及注射器7,将流量为10L/h~15L/h的雾状微滴水注入压力降测试管段9;通过视频采集设备传输的画面观测各个测试管段的水合物生成情况、温度及压力的变化情况,记录水合物出现、成长及堵塞时的时间、流量及压力数据;

[0015] 第三步:当某处管段的天然气水合物完全堵塞主管路的时候,测试结束,操作计算机中控装置19记录温度、压力数据,保存视频文件;依次关闭储气罐开关阀5及流量控制阀2;出现天然气水合物的管段通过浇淋沸水的方式除去水合物固体,管道内残留积水,通过管道拆卸排除;整个测试过程中不存在危害环境和人体的物料,所有废水废气可直接排放到室外;

[0016] 第四步:更换粗糙管壁测试管段,换用不同表面粗糙度管壁的管段,重复上述第一步至第三步的测试,记录测试数据;

[0017] 第五步:在弯头管段注入一定量的液体水,重复上述第二步和第三步的测试,观察测试现象,记录测试结果;

[0018] 第六步:根据天然气水合物生成情况,结合温度和压力数据,分析天然气水合物生成的环境因素和所需条件,确定易导致天然气水合物生成的关键管段。

[0019] 本发明的管道天然气水合物模拟生成装置如图1所示,包括压力降测试管段9、粗糙管壁测试管段10、低温测试管段11、弯头测试管段12、流量计测试管段15和储气罐1、流量控制阀2、法兰3、循环冷却装置4、储气罐开关阀5、高压喷雾装置6、注射器7、模拟主管道8、

压缩机13、流量计14、温度信息采集设备16、视频采集设备17、压力信息采集设备18、计算机中控系统19测试设备。

[0020] 储有测试气体的储气罐1经管道接储气罐开关阀5和流量控制阀2,在该两阀之间安装高压喷雾装置6和注射器7;流量控制阀2后依次串接压力降测试管段9、粗糙管壁测试管段10、低温测试管段11、弯头测试管段12、流量计测试管段15和模拟主管道8;在粗糙管壁测试管段10两端有法兰3与低温测试管段11连接;低温测试管段11外周包有循环冷却装置4,循环冷却装置4连有压缩机13;流量计测试管段15安装有流量计14;压力降测试管段9、粗糙管壁测试管段10、低温测试管段11、弯头测试管段12和流量计测试管段15均安装视频采集设备17、温度信息采集设备16和压力信息采集设备18;温度信息采集设备16、视频采集设备17、压力信息采集设备18与计算机中控系统19连接。

[0021] 所述储气罐1中的测试气体选用CO₂气体;

[0022] 所述高压喷雾装置6和注射器7选用市销产品,它能将液态水以雾状微滴的形态注入模拟主管道8;

[0023] 所述模拟主管道8为与工业用天然气输送管道材质相近的钢材或其他材质;

[0024] 所述粗糙管壁测试管段10内壁表面粗糙度远大于模拟主管道8其他管段;且与模拟主管道8采用法兰3连接,拆卸更换内壁表面粗糙度不同的管段;

[0025] 所述流量计测试管段15根据要求结合工业用管道流量计实例选择流量计类型;

[0026] 所述循环冷却装置4及温度感应装置附有管道温度传感器及温度控制仪,根据需要管段内流体温度稳定地控制在-10~20℃范围内;

[0027] 所述弯头测试管段12开有注水孔,根据实验需要向弯头管段注入液体水;

[0028] 所述压力降测试管段9、粗糙管壁测试管段10、低温测试管段11、弯头测试管段12和流量计测试管段15均安装视频采集设备、温度信息采集设备和压力信息采集设备,自动记录视频采集设备输出至计算机中控装置的图像、温度信息及压力信息,测试人员可通过计算机观测管段内水合物的生成状况。

[0029] 本发明的优点是:首次将模拟管道设计的思路带入天然气水合物生成的研究之中,将实验室的模拟管道设备最大程度地接近工业实际应用中的管道,为天然气水合物在管道中的生成研究提供更真实的环境;适用于测试管道内积水情况、天然气水合物形成历程及机理、形成条件以及天然气水合物的生成对管道天然气运输的影响;由于模拟了管道内天然气水合物生成的全过程,其结果为天然气管道运行工艺优化调整、冰堵防治提供依据和参考。且操作简单、测量手段多样,测量数据接近实际管道输送环境。

附图说明

[0030] 图1管道天然气水合物模拟生成装置图

- | | | |
|--------|-----------|--------------------|
| [0031] | 其中 1—储气罐 | 2—流量控制阀 |
| [0032] | 3—法兰 | 4—冷凝水循环冷却装置及温度感应装置 |
| [0033] | 5—储气罐开关阀 | 6—高压喷雾装置 |
| [0034] | 7—注射器 | 8—模拟主管道 |
| [0035] | 9—压力降测试管段 | 10—粗糙管壁测试管段 |
| [0036] | 11—低温测试管段 | 12—弯头测试管段 |

[0037]	13—压缩机	14—流量计
[0038]	15—流量计测试管段	16—温度信息采集设备
[0039]	17—视频采集设备	18—压力信息采集设备
[0040]	19—计算机中控系统	

具体实施方式

[0041] 以下结合附图及实施例对本发明作进一步详细说明,但本实用管道天然气水合物模拟生成装置不局限实施例中的各组成部分,可根据需要进行改进。

[0042] 实施例.本例的构成如图1所示,包括储气罐1、流量控制阀2、法兰3、循环冷却装置4、储气罐开关阀5、高压喷雾装置6、注射器7、模拟主管道8、压力降测试管段9、粗糙管壁测试管段10、低温测试管段11、弯头测试管段12、压缩机13、流量计14、流量计测试管段15、温度信息采集设备16、视频采集设备17、压力信息采集设备18和计算机中控系统19。储气瓶1内的测试气体为CO₂气体;模拟主管道8为与工业用天然气输送管道材质相近的钢材或其他材质;粗糙管壁测试管段10与主管路间通过法兰串联,在不同的测试中可以选择性拆卸更换内壁表面粗糙度不同的管路;循环冷却装置4附有管道温度传感器及温度控制仪,可根据需要将管段内流体温度稳定地控制在0~25℃范围内;流量计测试管段15可根据要求结合工业用管道流量计实例选择流量计类型;压力降测试管段9、粗糙管壁测试管段10、低温测试管段11、弯头测试管段12和流量计测试管段15均安装视频采集设备、温度信息采集设备和压力信息采集设备,可自动记录视频采集设备输出至计算机中控装置的图像、温度信息及压力信息,研究人员可通过计算机观测管段内水合物的生成状况。

[0043] 使用CO₂气体作为测试介质流体,储气瓶1的压力为13MPa,CO₂浓度99.5%。选用304(1Cr18Ni9Ti)-Φ70×8mm不锈钢管作为天然气水合物实验的模拟主管道。

[0044] 使用本天然气管道水合物模拟生成装置测试对天然气管道水合物模拟生成的测试方法为:

[0045] 第一步:开启计算机中控系统19,对比室内温度计和机械气压表,确认装置中各温度、压力采集设备显示数据正常;同时对比装置中各温度、压力设备现场显示数值与计算机中控装置中对应设备的显示数值,确保中控系统正常无误采集现场装置的数据;开启储气罐开关阀5,将流量控制阀2从全闭状态逆时针缓慢打开,同时观察计算机中控装置19中对应于压力降测试管段9的压力显示数据,直至数据达到5MPa,停止调节流量控制阀2;保持通气5min,清扫管内残留的空气,然后顺时针缓慢关闭流量控制阀2;

[0046] 第二步:打开循环冷却装置及温度感应装置4,通过循环冷却装置上的按钮设定循环冷却液温度为-5℃;等待冷却液温度降至-5℃时,打开高压喷雾装置6及注射器7,将雾状微滴水以15L/h的流量注入主管道;通过视频采集设备传输的画面观测各个测试管段的水合物生成情况、温度及压力的变化情况,记录水合物出现、成长及堵塞时的时间,以及这三种时间下管段的瞬时流量及压力;

[0047] 第三步:当通过视频采集设备传输的画面观测到某处管段的天然气水合物完全堵塞主管路的时,或通过计算机中控系统观测到各个测试管段压力出现剧烈波动时,则说明管道已被天然气水合物堵塞,应立即结束实验:首先操作计算机中控装置19保存所有温度、压力数据以及视频文件,然后依次关闭储气罐开关阀5和流量控制阀2;出现天然气水合物

的管段通过浇淋沸水的方式除去水合物固体,同时通过视频采集设备传输的画面观测,直至无明显固体水合物时,停止浇淋沸水;管道内残留积水,可拆卸的管道通过直接拆卸的方式让管内积水直接流出,然后重复第二步,通气一段时间以清扫管内残留的空气与水分;整个实验过程中不存在危害环境和人体的物料,所有废水废气均可直接排放到室外;

[0048] 第四步:选取内壁表面粗糙度为Ra0.2、Ra1.6、Ra12.5、Ra100的四种管段,通过法兰3依次连接在粗糙管壁测试管段10处,重复上述第一步至第三步的实验,观察天然气水合物生成历程,记录实验数据,通过对比研究管壁的表面粗糙度对天然气水合物生成的影响;

[0049] 第五步:在弯头管段分别注入1L、2L、3L、4L的液态水,重复上述第二步和第三步的实验,观察天然气水合物生成历程,记录实验数据,通过对比研究管道积水对天然气水合物生成的影响;

[0050] 第六步:总结实验结果,结合温度、压力数据和天然气水合物生成时间,绘制不同条件下各测试管段生成天然气水合物的温度、压力、时间图,分析天然气水合物生成的环境因素和所需条件,确定易导致天然气水合物生成的关键管段。

[0051] 本例由于模拟了管道内天然气水合物形成的条件,其结果为天然气管道运行工艺优化调整、冰堵防治提供依据和参考;且操作简单、测量数据精确。

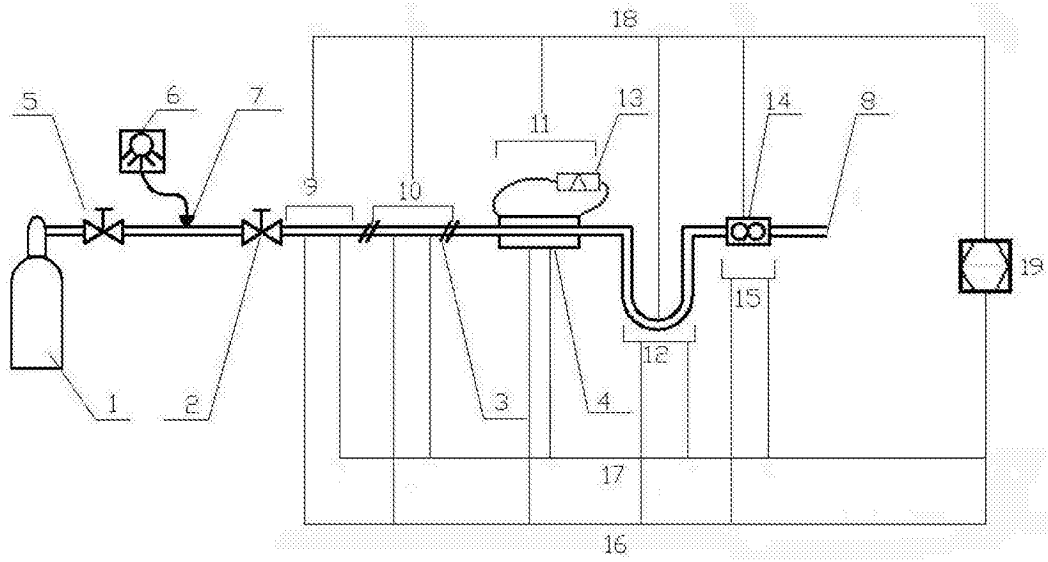


图1