



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109139083 B

(45)授权公告日 2019.12.10

(21)申请号 201811062041.8

审查员 熊陈微

(22)申请日 2018.09.12

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109139083 A

(43)申请公布日 2019.01.04

(73)专利权人 中国矿业大学

地址 221116 江苏省徐州市铜山区大学路1号

(72)发明人 高涛 岳丰田 魏京胜 孙猛

吴学慧 刘展 权晓甜

(74)专利代理机构 江苏圣典律师事务所 32237

代理人 程化铭

(51)Int.Cl.

E21F 1/02(2006.01)

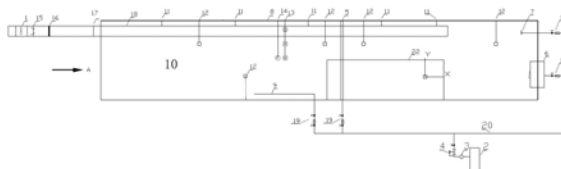
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

盾构施工隧道通风稀释涌入瓦斯气体的模拟实验系统

(57)摘要

本发明公开一种盾构施工隧道通风稀释涌入瓦斯气体模拟实验系统,由模拟盾构施工隧道模块和模拟通风模块、测试模块和模拟气源装置组成。可以实验模拟研究不同的通风组织形式与瓦斯气体的泄漏位置、泄露量、气体监测部位,用以研究瓦斯气体在盾构施工隧道内的积聚规律以及瓦斯浓度稀释的演变特性。本发明具体可模拟盾尾刷拆换时涌入瓦斯气体、管片密封泄露进入的瓦斯气体、气垫仓超压排气中带入的瓦斯气体、刀仓换刀排入的瓦斯气体、泥浆管法兰接口泄入的瓦斯气体在不同通风气流组织下的扩散速率、积聚的区域、及稀释速率。



1. 一种盾构施工隧道通风稀释涌入瓦斯气体的模拟实验系统，包括盾构施工隧道通风模拟试验装置和用于控制所述模拟试验装置产生瓦斯气体的模拟气源装置；其特征是：

所述盾构施工隧道通风模拟试验装置包括模拟盾构施工隧道模块和模拟通风模块、测试模块；

所述模拟盾构施工隧道模块，包括模拟盾构施工隧道以及用于模拟瓦斯气体泄露的管片漏气模型、泥浆管漏气模型、气垫仓排气模型、刀仓排气模型、盾尾刷漏气模型；

所述管片漏气模型，是在模拟盾构施工隧道壁面分别制作的贯穿隧道壁的纵向缝隙和环向缝隙，缝隙宽度为0-2mm，模拟盾构施工隧道外壁的纵向缝隙处罩扣半圆柱形容容器，半圆柱形容容器与模拟盾构施工隧道外壁密封结合，模拟盾构施工隧道外壁的环向缝隙处罩扣环形容容器，环形容容器的横截面为矩形或半圆形，环形容容器与模拟盾构施工隧道外壁密封结合，半圆柱形容容器和环形容容器分别通过管路与模拟气源装置相连；

所述泥浆管漏气模型，采用无缝钢管，无缝钢管在隧道内的管道末端用法兰盘封堵，另一端与隧道外的模拟气源装置连接；

所述气垫仓排气模型，为无缝钢管管路，管路末端安装安全阀，管路在隧道外的一端与模拟气源装置连接；

所述刀仓排气模型，设置在隧道头部，与隧道外模拟气源装置连接；

所述盾尾刷漏气模型，为半圆柱管道紧贴模拟盾构施工隧道壁外侧一周并与模拟盾构施工隧道壁拼焊而成的环形箱体，环形箱体内的隧道壁周向均匀开设若干出流孔口，各出流孔口非工作状态时用密封胶封，环形箱体与模拟气源装置连接；

所述模拟通风模块，包括通风机、风筒、风量调节阀、风量测量装置，风机具备压入和抽吸功能，风筒纵向悬挂于模拟盾构施工隧道内，风机经风量调节阀与风量测量装置后连接风筒。

2. 根据权利要求1所述的盾构施工隧道通风稀释涌入瓦斯气体的模拟实验系统，其特征是：所述模拟气源装置，由储气罐、气体压缩机、压力安全监控装置依次串接构成。

3. 根据权利要求1或2所述的盾构施工隧道通风稀释涌入瓦斯气体的模拟实验系统，其特征是：所述测试模块，包括若干气体浓度传感器、风速传感器、温度传感器、若干流量传感器、若干压力传感器、数据采集仪、控制主机，风速传感器设在盾尾刷漏气模型后方，温度传感器也设在盾尾刷漏气模型后方，部分气体浓度传感器分别设在各模拟瓦斯气体泄漏点附近，另一部分气体浓度传感器布置在模拟盾构施工隧道的不同位置且不限数量，各流量传感器与压力传感器分别设置在模拟气源装置与各漏气/排气模型的连接管路前端，所述气体浓度传感器、风速传感器、温度传感器、流量传感器、压力传感器的测试数据均传输到数据采集仪并转换成数字信号进入操作主机。

## 盾构施工隧道通风稀释涌入瓦斯气体的模拟实验系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及盾构穿越瓦斯气体地层施工隧道安全控制模拟实验装置,具体说是一种盾构施工隧道通风稀释涌入瓦斯气体的模拟实验系统,用于穿越江河水下瓦斯气体地层的盾构施工隧道通风稀释驱散涌入隧道内瓦斯气体的模拟实验,特别针对泥水平衡式盾构机施工隧道。

### 背景技术

[0002] 随着国内经济及交通行业的快速发展,穿越江河等水下地层的盾构施工隧道工程日益增多,江河水下含有瓦斯气体分布的地层亦日渐增多,含瓦斯气体地层内一定压力的瓦斯气体气团通过隧道结构层及盾构机部件等进入盾构施工隧道内威胁施工的安全及人员的健康,严重者造成重大灾害。盾构施工隧道的多个部位存在泄露地层内瓦斯气体的风险,研究不同气源压力下、不同的泄露流量、不同部位的瓦斯气体泄露时瓦斯气体的积聚扩散规律,进一步研究通风组织形式对隧道内瓦斯气体积聚的抑制作用及瓦斯气体被动驱散稀释的规律,以确定合理的通风组织形式高效驱散隧道内的瓦斯气体。目前施工隧道内通风驱散稀释瓦斯气体的规律仅能通过数值模拟计算研究,尚未建立相应的模拟实验平台,无法采用实验手段辅助验证数值计算结果。根据相似理论与盾构实际施工工艺及隧道实际尺寸搭建与原型同尺寸或一定比例的试验平台,模拟不同通风量及通风组织形式下各泄露部位不同泄露速率与突涌量下的瓦斯气体稀释扩散规律,同时模拟瓦斯气体在施工隧道内积聚特性以及不同压力下的地层瓦斯气体气团泄露规律,为盾构施工隧道安全通风方案的制定、通风的气流组织的设计、隧道内空气环境的预测以及应急通风预案的制定提供可靠的理论与实验数据支持。

### 发明内容

[0003] 针对上述存在的问题,本发明提出了一种盾构施工隧道通风稀释涌入瓦斯气体的模拟实验系统,可模拟测试不同盾构隧道不同部位发生瓦斯气体涌入时,瓦斯气体浓度在不同通风方案下的流动规律及稀释过程。

[0004] 为实现发明目的,本发明采用的技术方案是:一种盾构施工隧道通风稀释涌入瓦斯气体的模拟实验系统,包括盾构施工隧道通风模拟试验装置和用于控制所述模拟试验装置产生瓦斯气体的模拟气源装置。

[0005] 其特征是:所述盾构施工隧道通风模拟试验装置包括模拟盾构施工隧道模块和模拟通风模块、测试模块。

[0006] 所述模拟盾构施工隧道模块,包括模拟盾构施工隧道以及用于模拟瓦斯气体泄露的管片漏气模型、泥浆管漏气模型、气垫仓排气模型、刀仓排气模型、盾尾刷漏气模型。

[0007] 所述模拟盾构施工隧道按设定的与实物的比例制作。

[0008] 所述管片漏气模型,是在模拟盾构施工隧道壁面分别制作的贯穿隧道壁的纵向缝隙和环向缝隙,缝隙宽度按照盾构隧道管片的技术标准为0-2mm,模拟盾构施工隧道外壁的

纵向缝隙处罩扣半圆柱形容器,半圆柱形容器与模拟盾构施工隧道外壁密封结合,模拟盾构施工隧道外壁的环向缝隙处罩扣环形容器,环形容器的横截面为矩形或半圆形,环形容器与模拟盾构施工隧道外壁密封结合,半圆柱形容器和环形容器分别通过管路与模拟气源装置相连。

[0009] 所述泥浆管漏气模型,采用无缝钢管,其直径按设定的与实物的比例制作,无缝钢管在隧道内的管道末端采用法兰盘封堵,另一端与隧道外的模拟气源装置连接。

[0010] 所述气垫仓排气模型,为气垫仓超压自动排气下的瓦斯涌入模拟装置,其原型为设在盾构机头部开挖仓、气垫仓之后的尾部自动排气管路,气垫仓排气模型是采取无缝钢管按设定的与实物的比例制作的气垫仓自动排气管路,管路末端安装安全阀,模拟超压自动排气装置,气垫仓自动排气管路在隧道外的一端与模拟气源装置连接。

[0011] 所述刀仓排气模型,按设定的与实物的比例制作,设置在隧道头部,与隧道外模拟气源装置连接。

[0012] 所述盾尾刷漏气模型,为半圆柱管道紧贴模拟盾构施工隧道壁外侧一周并与模拟盾构施工隧道壁拼焊而成的环形箱体,环形箱体內的隧道壁周向均匀开设若干出流孔口,各出流孔口非工作状态时用密封胶封堵,实验时可根据泄露面积的比例选用开启数量,环形箱体正上方与模拟气源试验装置连接。

[0013] 所述模拟通风模块,包括通风机、风筒、风量调节阀、风量测量装置,风机具备压入和抽吸功能,风筒纵向悬挂于模拟盾构施工隧道内,风筒位置通过可调支架进行上下、前后、左右的移动调控,根据风筒的承压特性选择不同材质的风筒,风机经风量调节阀与风量测量装置后连接风筒,风量调节阀与风量测量装置联合调控送风量。

[0014] 储气罐、气体压缩机、压力安全监控装置一次串接构成模拟气源装置。

[0015] 所述测试模块,包括若干气体浓度传感器、风速传感器、温度传感器、若干流量传感器(瓦斯气体)、若干压力传感器(瓦斯气体)、数据采集仪、控制主机,风速传感器设在盾尾刷漏气模型后方,根据等面积法布置,温度传感器也设在盾尾刷漏气模型后方,部分气体浓度传感器分别设在各模拟瓦斯气体泄漏点附近,另一部分气体浓度传感器布置在模拟盾构施工隧道的不同位置且不限数量,各流量传感器与压力传感器分别设置在模拟气源装置与各漏气/排气模型的连接管路前端,所述气体浓度传感器、风速传感器、温度传感器、流量传感器、压力传感器的测试数据均传输到数据采集仪并转换成数字信号进入操作主机。

[0016] 本发明结合穿越含瓦斯气体地层盾构施工隧道的具体施工工艺及理论分析,按照一定比例尺寸搭建模拟实验系统,更加贴近盾构施工隧道内有瓦斯气体泄露下的空气环境及通风稀释瓦斯气体的情景。本发明模拟实验装置简单,模拟气源可采用安全无害的气体代替,设计实验方便安全,可根据相似律缩小模拟试验尺寸,投入成本低。本发明能够科学有效地模拟盾构施工过程中盾尾刷密封拆换、刀仓开启、泥浆管接口断开、气垫仓排气等大量涌入瓦斯气体的情景,以及正常情况下泄露的微小流量瓦斯气体的情景,不同通风组织形式下隧道內的瓦斯气体流动扩散的演化规律,分析结果对治理预防盾构施工隧道瓦斯气体灾害的安全通风方案的设计及应急通风预案的编制有很好的参考和指导意义,便于推广。

## 附图说明

[0017] 图1是本发明盾构施工隧道通风稀释涌入瓦斯气体的模拟实验系统的结构原理示意图(图2为B向投视图)。

[0018] 图2 是图1的A向投视图。

[0019] 图3 是本发明的盾尾刷漏气模型示意图。

[0020] 图4是测试系统原理简图。

[0021] 图5 是管片漏气模型示意图。其中,a示意环向缝隙部分,b示意纵向缝隙部分。

## 具体实施方式

[0022] 下面结合附图对本发明中的一个具体实施例作进一步的描述。

[0023] 如图1所示,本发明的盾构施工隧道通风稀释涌入瓦斯气体的模拟实验系统,包括盾构施工隧道通风模拟试验装置和用于控制所述模拟试验装置产生瓦斯气体的模拟气源装置。

[0024] 所述盾构施工隧道通风模拟试验装置包括模拟盾构施工隧道模块和模拟通风模块、测试模块。

[0025] 所述模拟盾构施工隧道模块,包括模拟盾构施工隧道以及用于模拟瓦斯气体泄露的管片漏气模型、泥浆管漏气模型、气垫仓排气模型、刀仓排气模型、盾尾刷漏气模型。

[0026] 模拟盾构施工隧道10按设定的与实物的比例制作。隧道壁采用钢板制作、原型长度不小于200m,盾尾刷漏气模型5、刀仓排气模型6、气垫仓排气模型7、管片漏气模型8、泥浆管漏气模型9、模拟盾构机机架22按一定比例尺寸设置在模拟盾构施工隧道的对应位置,以上几项构成的模拟盾构施工隧道实验装置,主要用于模拟不同部位及装置的瓦斯气体泄露入隧道内的主体模型。

[0027] 管片漏气模型8,是在模拟盾构施工隧道壁面分别制作的贯穿隧道壁的纵向缝隙8-3和环向缝隙8-1,缝隙宽度按照盾构隧道管片的技术标准为0-2mm,模拟盾构施工隧道外壁的纵向缝隙处罩扣半圆柱形容器8-4,半圆柱形容器与模拟盾构施工隧道外壁密封结合,模拟盾构施工隧道外壁的环向缝隙处罩扣环形容器8-2,环形容器的横截面为矩形,环形容器与模拟盾构施工隧道外壁密封结合,半圆柱形容器和环形容器分别通过管路与模拟气源装置相连。

[0028] 所述泥浆管漏气模型9,采用无缝钢管,其直径按设定的与实物的比例制作,无缝钢管在隧道内的管道末端采用法兰盘封堵,另一端与隧道外的模拟气源装置19连接。

[0029] 所述气垫仓排气模型7,采取无缝钢管按设定的与实物的比例制作,管路末端安装安全阀,模拟超压自动排气装置,气垫仓自动排气管路在隧道外的一端与模拟气源装置连接。

[0030] 所述刀仓排气模型6,按设定的与实物的比例制作,设置在隧道头部,与隧道外模拟气源装置19连接。

[0031] 所述盾尾刷漏气模型5,为半圆柱管道紧贴模拟盾构施工隧道壁外侧一周并与模拟盾构施工隧道壁拼焊而成的环形箱体,环形箱体外的隧道壁周向均匀开设若干出流孔口5-1,各出流孔口非工作状态时用密封胶封堵,实验时可根据泄露面积的比例选用开启数量,环形箱体正上方与模拟气源试验装置连接。

[0032] 所述模拟通风模块,包括通风机1、风筒18、风量调节阀15、风量测量装置16,风机具备压入和抽吸功能,风筒18纵向悬挂于模拟盾构施工隧道10内,风筒用可调支架11固定,风筒位置通过可调支架11进行上下、前后、左右的移动调控,根据风筒的承压特性选择不同材质的风筒,风机经风量调节阀15与风量测量装置16后用风筒连接法兰17连接风筒18,风量调节阀与风量测量装置联合调控送风量。以上部分联成一体构成模拟通风系统用于模拟不同的通风组织形式,模拟盾构施工隧道与模拟通风系统构成盾构施工隧道通风模拟实验装置。

[0033] 所述测试模块,包括若干气体浓度传感器(瓦斯气体)12、风速传感器13、温度传感器14、若干流量传感器(瓦斯气体)19、若干压力传感器(瓦斯气体)、数据采集仪21-1、控制主机21-2,风速传感器13设在盾尾刷漏气模型后方,根据等面积法布置,温度传感器也设在盾尾刷漏气模型后方,部分气体浓度传感器分别设在各模拟瓦斯气体泄漏点附近,另一部分气体浓度传感器布置在模拟盾构施工隧道的不同位置且不限数量,各流量传感器与压力传感器分别设置在模拟气源装置与各漏气/排气模型的连接管路前端,所述气体浓度传感器、风速传感器、温度传感器、流量传感器、压力传感器的测试数据均传输到数据采集仪并转换成数字信号进入操作主机。

[0034] 各气体浓度传感器12、风速传感器13、温度传感器14设置在模拟盾构施工隧道10内如图1所示各部位、协同压力安全监控装置4与瓦斯流量传感器19的测试模块将测试信号线接入数据采集仪及操作主机构成测试模块。气体浓度传感器12数量不限定、根据数值模拟结果及研究的需要设置其余测点,主要测试模拟隧道内的瓦斯气体含量及分布特性。

[0035] 储气罐2、气体压缩机3、压力安全监控装置4构成模拟气源装置,主要通过调控不同支管的控制阀门模拟不同部位瓦斯泄露以及模拟泄露速率与瓦斯气体团的压力。模拟实验系统各部分均按照实物一定比例尺寸构建。

[0036] 本发明的实施例中,风机1安装在远离模拟盾构施工隧道10出口的位置,保证其吸入空气处于正常状态,通风机变频控制,通过变频器与风量调节阀15以及风量测量装置调控送风量,通过可调支架11调控出风口在隧道内的相对位置形成不同的气流组织形式,模拟不同风速及气流组织形式下进入隧道内瓦斯气体的稀释规律。

[0037] 本实施例中,模拟瓦斯气体源实验装置,通过气体压缩机3抽吸储气罐2的模拟瓦斯气体压缩至需要的压力送至模拟瓦斯气体输送管路20,并通过瓦斯气体流量传感器19调控气体流量,将需要实验的漏气模型的启闭阀门开启,即可模拟瓦斯气体由此处模型进入模拟施工隧道10,可采用二氧化碳气体作为模拟瓦斯气体。

[0038] 本实施例中,刀仓排气模型6安装在隧道头部位置,手动开启的单扇门,也可设成防爆的自动启闭风门,实验前先打开风门,由模拟气源实验装置模拟刀仓的气体压力及总容量,开启刀仓排气模型6的前端瓦斯气体流量传感器19,即可模拟刀仓排气涌入隧道内的情景。

[0039] 本实施例中,模拟中根据需要,打开盾尾密封刷漏气模型5隧道内侧的一定数量的出流孔口,启动模拟瓦斯气体实验装置,接着开启盾尾密封刷漏气模型5处瓦斯流量传感器19的阀门、调控流量,即可启动盾尾密封刷漏气模拟实验。启动模拟瓦斯气体实验装置,开启气垫仓排气模型7处瓦斯流量传感器19的阀门、调整流量,即可启动气垫仓排气模拟实验。将管片漏气模型8的隧道内的缝隙按一定比例用密封胶封堵,在0-100%范围内调整泄露

的面积比例,启动模拟瓦斯气体实验装置,接着开启管片漏气模型8处瓦斯流量传感器19的阀门、调控流量,即可启动管片漏气模拟实验。将泥浆管漏气模型9的泥浆管路的法兰盘做松弛操作,启动模拟瓦斯气体实验装置,接着开泥浆管漏气模型9的泥浆管路处瓦斯流量传感器19的阀门、调控流量,即可启动泥浆管路漏气模拟实验。

[0040] 模拟盾构施工隧道抽出式通风风筒采用钢板风筒法兰连接,压入式通风风筒采用三防涂布风筒拉链连接,模拟瓦斯气体输送管采用法兰连接或者焊接,所有管路施工完成后必须按照行业标准作试压试验及密封试验。

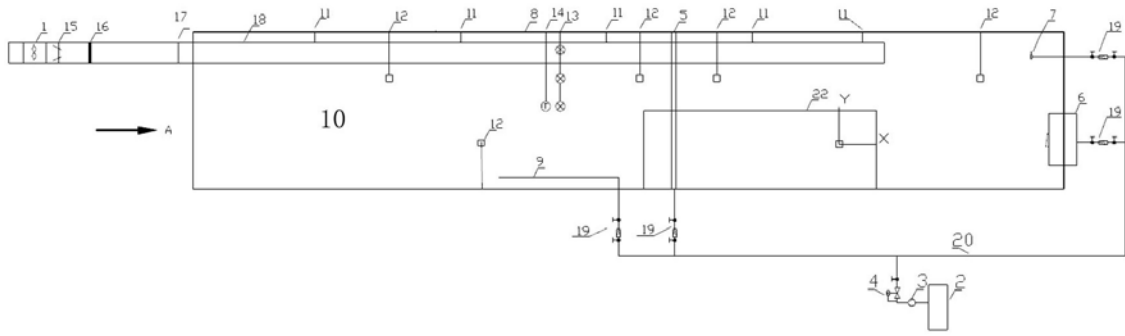


图1

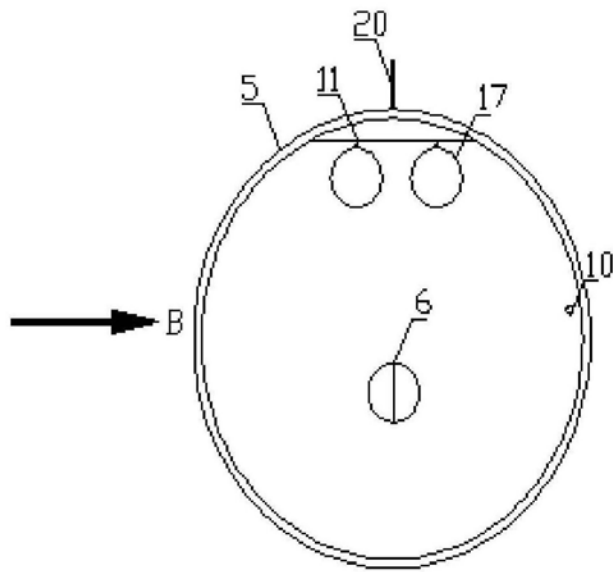


图2



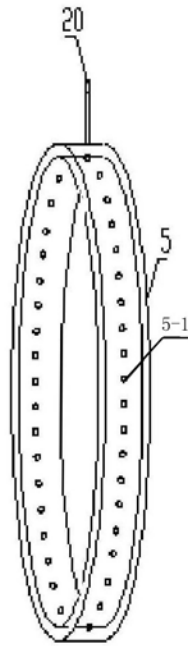


图3

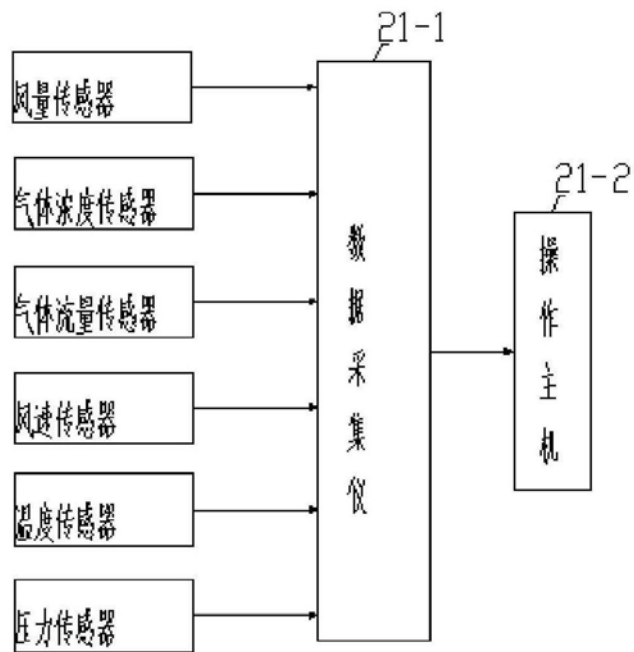


图4

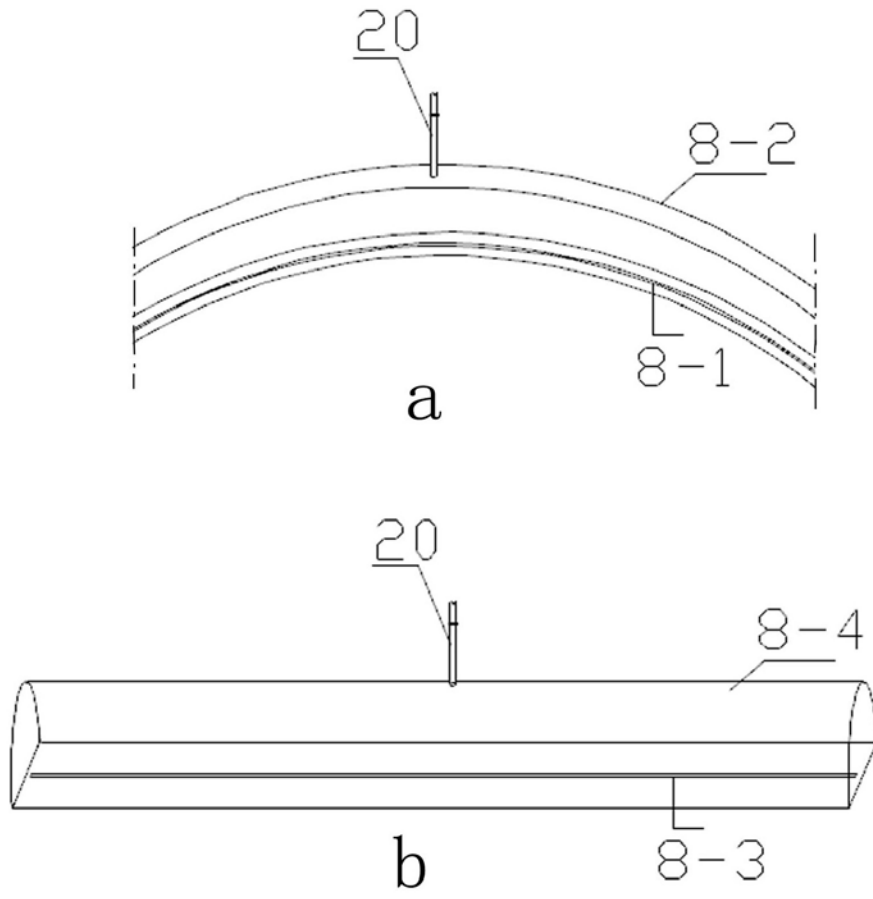


图5