(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 114018980 B
(45)授权公告日 2024.04.19

(21)申请号 202111280284.0
(22)申请日 2021.10.31
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114018980 A
(43)申请公布日 2022.02.08
(73)专利权人 中国船舶集团有限公司第七一八研究所
地址 056027 河北省邯郸市展览路17号
专利权人 上海核工程研究设计院股份有限公司
(72)发明人 姜韶堃 詹惠安 赵罗生 陶志勇 赵宁 薛山虎 方立凯 张伟 芦苇
(74)专利代理机构 北京艾纬铂知识产权代理有限公司 16101
专利代理师 吴亚兰
(51)Int.Cl.
G01N 25/54(2006.01)

(56)对比文件
CN 102095584 A,2011.06.15
CN 106568887 A,2017.04.19
CN 107767971 A,2018.03.06
CN 111721888 A,2020.09.29
JP 2004117089 A,2004.04.15
KR 102034862 B1,2019.11.08
US 2016116364 A1,2016.04.28
Shaokun Jiang等.《Effects of the Gas Feed on Bubble Formation in a Microfluidic T-Junction: Constant-Pressure versus Constant-Flow-Rate Injection》.《Ind. Eng. Chem. Res.》.2019,全文.
胡春明等.《冷源真空筒氢爆过程实验研究》.《核技术》.2009,全文.
姜韶堃等.《严重事故下氢气爆燃环境模拟试验》.《核安全》.2020,第19卷(第6期),第50-53页.

审查员 胡议文

权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

一种验证氢气爆燃环境中设备可用性的试验装置及方法

(57)摘要

本发明涉及氢气安全控制技术领域,公开一种验证氢气爆燃环境中设备可用性的试验装置及方法,装置包括测试模块、供气模块、加热模块、数据采集模块、试验件控制模块和安全防护模块;所述测试模块用于提供氢气爆燃环境,并进行验证试验得到试验数据;所述供气模块连接所述测试模块的气体进口,提供验证试验所需气体;所述加热模块用于对所述测试模块的气体进行加热;所述数据采集模块用于采集所述测试模块得到的试验数据;所述试验件控制模块包括设置在所述测试台上的试验件,并对试验件进行信号控制;所述安全防护模块用于对测试模块进行安全防护。本发明具有较大的规模,可创造不同条件下的氢气爆燃过程,验证设备在各类氢爆环境条件下的可用性。

CN 114018980 B

1.一种验证氢气爆燃环境中设备可用性的试验装置,其特征在于:包括测试模块、供气模块、加热模块、数据采集模块、试验件控制模块和安全防护模块;

所述测试模块用于提供氢气爆燃环境,并进行验证试验得到试验数据,包括压力容器、设置在所述压力容器内的气体管路和测试台,所述压力容器上还设置与所述气体管路连接的气体进口;所述压力容器的内腔设置5~10层模拟环境,每层所述模拟环境分别设置温度测点、压力测点、样气取气点、水蒸气浓度测点和点火器;

所述供气模块连接所述压力容器的气体进口,提供验证试验所需气体;所述加热模块用于对所述压力容器内的气体进行加热;所述数据采集模块用于采集所述测试模块得到的试验数据;所述试验件控制模块包括设置在所述测试台上的试验件,并对所述试验件进行信号控制;所述安全防护模块用于对测试模块的压力容器进行安全防护;

其中,所述压力容器为钢制压力容器,采用立式罐型容器、卧式罐型容器或球罐容器,可以用于模拟氢气爆燃环境,直径为1~10m,容积为2~200 m^3,耐压为1~10 MPa,耐温最高为1600 ℃;

所述模拟环境采用5~10层水平层,每层模拟环境上的所述点火器、温度测点、样气取气点和压力测点由压力容器的中心向侧壁依次设置,所述水蒸气浓度测点位于所述压力容器的内壁上,所述点火器位于所述压力容器的轴线上;所述每层模拟环境上均布3~12个温度测点、1~5个压力测点、1~5个样气取气点、1~5个水蒸气浓度测点和1~5个点火器;

所述压力容器的底部设置氢气主进气口,侧壁上分别设置氢气分支进口、氧气进口、空气进口、氮气进口和水蒸气进口;所述氢气主进气口与所述加热模块的位置相对应,所述氢气分支进口沿所述压力容器轴向设置2~20个;

所述气体管路包括气体主管路和气体分支管路,所述氢气主进气口与内部的气体主管路连接,所述氢气分支进口与压力容器内部对应的气体分支管路连接,所述氧气进口、空气进口、氮气进口及水蒸气进口也连接所述压力容器内对应的气体分支管路,分别用于输入氧气、空气、氮气和水蒸气;

所述气体主管路采用环形气体管路,所述气体分支管路采用环形或半环形气体分布管路;所述气体分支管路采用直径为8~14 mm不锈钢管,环半径为压力容器内壁至中心距离的3/8~5/8,并水平设置在所述压力容器内部,下表面均匀分布直径为1~5 mm的圆孔,相邻圆孔之间的间距为所述气体分支管路长度的1/120~1/50;

所述安全防护模块包括进行监控显示的监控单元、设置在所述压力容器表面的爆破片和安全泄放阀、设置在所述压力容器外侧的防护罩、防护网、防爆墙和减震沟。

2.根据权利要求1所述的验证氢气爆燃环境中设备可用性的试验装置,其特征在于:所述测试台采用一层或一层以上设置在所述压力容器内,所述测试台包括支撑架、设置在所述支撑架上的安装板,所述安装板上设置用于固定试验件的定位孔;所述支撑架采用工字钢,所述安装板采用不锈钢圆板,厚度为1mm,半径为压力容器1内壁至中心距离的1/2;所述安装板上均匀分布有圆孔,圆孔直径为16mm并呈正三角形排列,相邻圆孔的间距为26mm。

3.根据权利要求1所述的验证氢气爆燃环境中设备可用性的试验装置,其特征在于:所述温度测点安装K型铠装热电偶,所述压力测点连接压力变送器,所述样气取气点安装取样管路并连接氢氧分析仪,所述水蒸气浓度测点安装取样管路并连接湿度变送器;所述热电偶和取样管路的安装点位于所述压力容器内壁到中心的1/4~3/4位置,并由中心向内壁呈

1～4层分布,所述热电偶与所述点火器错开布置。

4.根据权利要求1所述的验证氢气爆燃环境中设备可用性的试验装置,其特征在于:所述加热模块采用电加热、导热油加热或高温蒸汽方式加热,包括导热油炉或高温蒸气锅炉、与所述导热油炉或高温蒸气锅炉连接的加热管,所述加热管设置在所述压力容器内侧底部,所述加热管上还设置有循环泵和阀门。

5.根据权利要求1所述的验证氢气爆燃环境中设备可用性的试验装置,其特征在于:所述数据采集模块包含监测采集单元、与所述监测采集单元连接的显示记录单元,所述监测采集单元用于监测和采集所述压力容器内的温度、压力、气体浓度和湿度,并输出给显示记录单元进行显示。

6.根据权利要求1所述的验证氢气爆燃环境中设备可用性的试验装置,其特征在于:所述试验件控制模块还包括与所述试验件连接的供电单元和信号传输控制单元,用于对试验件进行供电,并进行信号检测。

一种验证氢气爆燃环境中设备可用性的试验装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及氢气安全控制研究技术领域,更具体的说,特别涉及一种验证氢气爆燃环境中设备可用性的试验装置及方法。

背景技术

[0002] 随着氢能技术的推广,很多场合都会存在氢气爆燃类的安全风险,很多特殊设备(如核电站服役的部分关键设备)需要在氢气爆燃环境下也能安全可靠的工作,这就需要有专门用于检验设备在氢气爆燃环境下可用性的试验装置。现有技术大多注重氢气燃烧或爆炸的演示或教学,部分技术虽与氢气安全性研究相关,但是规模较小或者应对环境与核电站严重事故环境有很大差别,无法判断模拟氢气爆燃过程中温度和压力的分布状态,因此现有技术对研究氢气爆燃环境中设备可用性有很大不足。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于针对现有技术存在的技术问题,提供一种验证氢气爆燃环境中设备可用性的试验装置及方法,能够创造核电站严重事故条件下的氢爆环境或其它形式的氢爆环境,用于验证部分设备在该条件下的可用性。

[0004] 为了解决以上提出的问题,本发明采用的技术方案为:

[0005] 本发明提供一种验证氢气爆燃环境中设备可用性的试验装置,包括测试模块、供气模块、加热模块、数据采集模块、试验件控制模块和安全防护模块;

[0006] 所述测试模块用于提供氢气爆燃环境,并进行验证试验得到试验数据,包括压力容器、设置在所述压力容器内的气体管路和测试台,所述压力容器上还设置与所述气体管路连接的气体进口;所述压力容器的内腔设置一层或一层以上的模拟环境,每层所述模拟环境分别设置温度测点、压力测点、样气取气点、水蒸气浓度测点和点火器;

[0007] 所述供气模块连接所述压力容器的气体进口,提供验证试验所需气体;所述加热模块用于对所述压力容器内的气体进行加热;所述数据采集模块用于采集所述测试模块得到的试验数据;所述试验件控制模块包括设置在所述测试台上的试验件,并对所述试验件进行信号控制;所述安全防护模块用于对测试模块的压力容器进行安全防护。

[0008] 进一步的,所述压力容器的底部设置氢气主进气口,侧壁上分别设置氢气分支进口、氧气进口、空气进口和水蒸气进口;所述氢气主进气口与所述加热模块的位置相对应,所述氢气分支进口沿所述压力容器轴向设置2~20个。

[0009] 进一步的,所述模拟环境采用5~10层水平层,每层模拟环境上的所述点火器、温度测点、样气取气点和压力测点由压力容器的中心向侧壁依次设置,所述水蒸气浓度测点位于所述压力容器的内壁上,所述点火器位于所述压力容器的轴线上;所述每层模拟环境上均布3~12个温度测点、1~5个压力测点、1~5个样气取气点、1~5个水蒸气浓度测点和1~5个点火器。

[0010] 进一步的,所述测试台采用一层或一层以上设置在所述压力容器内,所述测试台

包括支撑架、设置在所述支撑架上的安装板,所述安装板上设置用于固定试验件的定位孔;所述支撑架采用工字钢,所述安装板采用不锈钢圆板,厚度为1mm,半径为压力容器1内壁至中心距离的1/2;所述安装板上均匀分布有圆孔,圆孔直径为16mm并呈正三角形排列,相邻圆孔的间距为26mm。

[0011] 进一步的,所述气体管路包括气体主管路和气体分支管路,所述气体主管路采用环形气体管路,所述气体分支管路采用环形或半环形气体分布管路;所述气体分支管路采用直径为8~14mm不锈钢管,环半径为压力容器内壁至中心距离的3/8~5/8,并水平设置在所述压力容器内部,下表面均匀分布直径为1~5mm的圆孔,相邻圆孔之间的间距为所述气体分支管路长度的1/120~1/50。

[0012] 进一步的,所述温度测点安装K型铠装热电偶,所述压力测点连接压力变送器,所述样气取气点安装取样管路并连接氢氧分析仪,所述水蒸气浓度测点安装取样管路并连接湿度变送器;所述热电偶和取样管路的安装点位于所述压力容器内壁到中心的1/4~3/4位置,并由中心向内壁呈1~4层分布,所述热电偶与所述点火器错开布置。

[0013] 进一步的,所述加热模块采用电加热、导热油加热或高温蒸汽方式加热,包括导热油炉或高温蒸气锅炉、与所述导热油炉或高温蒸气锅炉连接的加热管,所述加热管设置在所述压力容器内侧底部,所述加热管上还设置有循环泵和阀门。

[0014] 进一步的,所述数据采集模块包含监测采集单元、与所述监测采集单元连接的显示记录单元,所述监测采集单元用于监测和采集所述压力容器1内的温度、压力、气体浓度和湿度,并输出给显示记录单元进行显示。

[0015] 进一步的,所述试验件控制模块还包括与所述试验件连接的供电单元和信号传输控制单元,用于对试验件进行供电,并进行信号传输检测;所述安全防护模块包括进行监控显示的监控单元、设置在所述压力容器表面的爆破片和安全泄放阀、设置在所述压力容器外侧的防护罩、防护网、防爆墙和减震沟。

[0016] 本发明还提供一种基于所述验证氢气爆燃环境中设备可用性的试验装置的试验方法,该方法具体步骤包括如下:

[0017] 将试验件放置在所述测试台上,供气模块由空气进口向压力容器通入压缩空气;

[0018] 开启加热模块,对压力容器内的气体进行加热;

[0019] 当压力容器内温度和压力达到设定范围后,供气模块先后向所述压力容器内通入水蒸气、氧气、氮气和氢气;

[0020] 开启数据采集模块和安全防护模块,并启动全部点火器在压力容器内形成爆燃环境;

[0021] 实时记录压力容器内温度、压力、气体组分的变化得到试验数据,试验件控制模块测试试验件的信号;

[0022] 达到设定试验测试时间后,关闭数据采集模块和安全防护模块停止数据采集,打开安全泄放阀将压力容器内的气体排出;

[0023] 取出试验件,检查装置运行状况,并对试验数据进行验证分析。

[0024] 与现有技术相比,本发明的有益效果在于:

[0025] 本发明提供的验证氢气爆燃环境中设备可用性的试验装置及方法,该装置可以具有较大的规模,通过设置测试模块、供气模块、加热模块、数据采集模块、试验件控制模块和

安全防护模块,能够创造核电站严重事故条件下的氢爆环境或其它形式的氢爆环境,用于验证部分设备在该条件下的可用性,并能够灵活有效的模拟不同条件下的氢爆环境,并对被验证设备进行实时监测和试验前后分析,提供设备可用性完整评价,整体结构简单、功能可靠也易于实现,实现对设备可用性的有效验证。

附图说明

[0026] 为了更清楚地说明本发明中的方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作一个简单介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。其中:

[0027] 图1为本发明验证氢气爆燃环境中设备可用性的试验装置的示意图。

[0028] 图2为本发明中压力容器的结构示意图。

[0029] 图3为本发明中试验装置实施例的效果图。

[0030] 图4本发明中验证氢气爆燃环境中设备可用性的试验方法的流程图。

[0031] 附图标记说明如下:100-测试模块、200-供气模块、300-加热模块、400-数据采集模块、500-试验件控制模块、600-安全防护模块、1-压力容器、20-测试台、2-氢气主进气口、3-氢气分支进口、4-氧气进口、5-空气进口、6-氮气进口、7-水蒸气进口、8-温度测点、9-压力测点、10-样气取气点、11-水蒸气浓度测点、12-点火器、13-爆破片、14-安全泄放阀、15-加热管。

具体实施方式

[0032] 除非另有定义,本文所使用的所有技术和科学术语与属于本发明技术领域的技术人员通常理解的含义相同;本文在说明书中所使用的术语只是为了描述具体的实施例的目的,不是旨在于限制本发明,例如,术语“长度”、“宽度”、“上”、“下”、“左”、“右”、“前”、“后”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置为基于附图所示的方位或位置,仅是便于描述,不能理解为对本技术方案的限制。

[0033] 本发明的说明书和权利要求书及上述附图说明中的术语“包括”和“具有”以及它们的任何变形,意图在于覆盖不排他的包含;本发明的说明书和权利要求书或上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别不同对象,而不是用于描述特定顺序。本发明的说明书和权利要求书及上述附图说明中,当元件被称为“固定于”或“安装于”或“设置于”或“连接于”另一个元件上,它可以是直接或间接位于该另一个元件上。例如,当一个元件被称为“连接于”另一个元件上,它可以是直接或间接连接到该另一个元件上。

[0034] 此外,在本文中提及“实施例”意味着,结合实施例描述的特定特征、结构或特性可以包含在本发明的至少一个实施例中。在说明书中的各个位置出现该短语并不一定均是指相同的实施例,也不是与其它实施例互斥的独立的或备选的实施例。本领域技术人员显式地和隐式地理解的是,本文所描述的实施例可以与其它实施例相结合。

[0035] 参阅图1和图2所示,本发明提供一种验证氢气爆燃环境中设备可用性的试验装置,该试验装置包括测试模块100、与所述测试模块100连接的供气模块200、加热模块300、数据采集模块400、试验件控制模块500和安全防护模块600。

[0036] 所述测试模块100包括压力容器1、设置在所述压力容器1内的气体管路和测试台

20,所述压力容器1上设置与所述气体管路连接的气体进口,用于输入气体;所述压力容器1的内腔设置多个温度、压力以及样气取气点,并可以分成数层模拟环境,每层模拟环境由中心向四周分别布置点火器12、温度测点8、样气取气点10和压力测点9;所述测试模块1用于提供氢气爆燃环境,并进行验证试验得到试验数据。

[0037] 所述供气模块200连接所述压力容器1上的气体进口,提供验证试验所需气体。

[0038] 所述加热模块300用于对所述压力容器1内的气体进行加热。

[0039] 所述数据采集模块400用于采集所述测试模块1在氢气爆燃环境中的试验数据。

[0040] 所述试验件控制模块500包括设置在所述压力容器1内测试台20上的试验件,并对所述试验件进行信号控制。

[0041] 所述安全防护模块600用于对所述测试模块100的压力容器1进行安全防护。

[0042] 本实施例中的试验装置,通过供气模块200提供不同气体组分、氢气浓度和压力条件下的氢气爆燃过程所需的气体,通过加热模块300对压力容器1内的气体进行加热,有利于实现氢气爆燃过程,并可以设置较宽的初始爆燃环境温度,以满足更加苛刻的高温高湿条件。通过数据采集模块400采集试验过程的数据,通过试验件控制模块500来保证试验件的功能正常,通过安全防护模块600保证试验过程安全,能够满足较高浓度氢气爆燃试验安全性要求,试验装置的整体结构简单、功能可靠。

[0043] 进一步的,所述压力容器1的底部设置氢气主进气口2,中部侧壁上沿轴向设置2~20个氢气分支进口3,中部侧壁上还设置独立的与所述供气模块200连接的氧气进口4、空气进口5和氮气进口6,下部侧壁上设置水蒸气进口7,所述氢气主进气口2、氢气分支进口3和水蒸气进口7也与所述供气模块200连接。具体的,所述氢气分支进口3的数量可以根据装置的尺寸大小进行调整,对于较大型压力容器1,设置多个氢气分支进口有利于气体均匀分布,尤其测试过程中的快速通氢过程,但过多的进口也会对试验控制造成影响,从而有效试验过程。

[0044] 具体的,所述压力容器1内部的气体管路包括气体主管路和气体分支管路,所述氢气主进气口2与内部的气体主管路连接,保证氢气输入后在所述压力容器1内部均匀上升扩散。所述氢气分支进口3与压力容器1内部对应的气体分支管路连接,保证氢气局部输入,从而模拟一个或多个破口事故条件。所述氧气进口4、空气进口5、氮气进口6及水蒸气进口7也连接所述压力容器1内对应的气体分支管路,分别用于输入氧气、空气、氮气和水蒸气,并位于所述压力容器1轴线的同一侧,所述氢气分支进口3也沿所述压力容器1的轴向均匀设置在同一侧壁上,这样方便进行试验和操作。

[0045] 进一步的,所述压力容器1内部设置一层或一层以上的测试台20,可以方便安装多种待测试的试验件,即方便安装不同结构尺寸的试验件。所述测试台20包括支撑架、设置在所述支撑架上的安装板,所述安装板上设置用于固定试验件的定位孔。具体的,所述支撑架采用工字钢,所述安装板采用不锈钢圆板,厚度为1mm,半径为压力容器1内壁至中心距离的1/2。所述安装板上均匀分布有圆孔,圆孔直径为16mm,并呈正三角形排列,相邻圆孔的间距为26mm,能够保证对试验件进行可靠定位。

[0046] 本实施例中,所述压力容器1为钢制压力容器,采用立式罐型容器、卧式罐型容器或球罐容器,可以用于模拟氢气爆燃环境,直径为1~10m,容积为2~200m^3,耐压为1~10MPa,耐温最高可达1600℃。所述压力容器1的顶部设置大开口法兰,便于大型试验件设备

的安装,侧面设置多个接口法兰,用于气体管路、电源线和信号控制线的连接,还设有操作孔,用于人员进出设备安装和检修。

[0047] 进一步的,所述压力容器1内腔设置5～10层模拟环境,每层模拟环境上均布3～12个温度测点8、1～5个压力测点9、1～5个样气取气点10、1～5个水蒸气浓度测点11、1～5个点火器12,所述点火器12、温度测点8、样气取气点10和压力测点9在压力容器1的每一层面上均匀分布,所述水蒸气浓度测点11位于所述压力容器1的内壁上,所述点火器12位于所述压力容器1的轴线上,这样可以保证试验装置工作的可靠性。

[0048] 本实施例中,所述模拟环境层数的设定根据经验选取,对于较大规模的容器,采用5-10层可以保证试验过程的可靠性,而为了可靠地模拟氢气爆燃的真实环境,设置不同数量的测点和点火器,并可以根据需要进行调整,数量太少无法进行真实可靠地模拟,数量太多也会导致装置过于复杂,影响模拟试验过程。

[0049] 进一步的,所述气体主管路采用环形气体管路,所述气体分支管路采用环形或半环形气体分布管路,保证氢气局部输入,确保氢气持续均匀燃烧。所述气体分支管路采用直径为8～14mm不锈钢管,环半径为压力容器1内壁至中心距离的3/8～5/8,影响氢气的流速,有助于控制氢气爆燃时的火焰,保证试验过程的可靠性。所述气体分支管路水平设置在所述压力容器1内部,下表面均匀分布直径为1～5mm的圆孔,使氢气由圆孔中喷出,实现可靠的氢气爆燃环境,相邻圆孔之间的间距为所述气体分支管路长度的1/120～1/50。

[0050] 进一步的,为保证氢气输入所述压力容器1内部后均匀分布,所述压力容器1内安装1～4个气动风扇、或在外侧采用无保温措施的自循环管道并连接于所述压力容器1的上部和下部。

[0051] 进一步的,所述温度测点8上安装K型铠装热电偶,所述压力测点9连接压力变送器,所述样气取气点10安装取样管路并连接氢氧分析仪,所述水蒸气浓度测点11上安装取样管路并连接湿度变送器。具体的,所述压力容器1侧面设置若干管法兰接口,用于固定安装热电偶、压力变送器和取样管路,所述压力变送器、氢氧分析仪和湿度变送器分别位于所述压力容器1外侧。

[0052] 进一步的,所述热电偶和取样管路的安装点位于所述压力容器1内壁到中心的1/4～3/4位置,并由中心向外呈1～4层分布。具体的,为保证热电偶和取样管路在所述压力容器1内稳定固定,所述压力容器1内设置1～5层环廊支架,用于对热电偶和取样管路进行固定。

[0053] 进一步的,所述点火器12采用为电热塞式、火花塞式或电火花式,并与热电偶错开布置。本实施例中,由于点火器12在试验过程中一直处于打开状态,为了避免对热电偶测温的影响,将所述点火器12与所述热电偶错开布置,从而保证试验装置工作的可靠性。

[0054] 进一步的,所述加热模块300采用电加热、导热油加热或高温蒸汽方式加热,包括导热油炉或高温蒸气锅炉、与所述导热油炉或高温蒸气锅炉连接的加热管15,所述加热管15设置在所述压力容器1内侧底部,所述加热管15上还设置有质量流量控制器和阀门,用于控制流速。所述加热模块200还可以直接在压力容器1底部安装防爆电加热器加热。

[0055] 进一步的,所述数据采集模块400包含监测采集单元、与所述监测采集单元连接的显示记录单元,所述监测采集单元用于监测和采集所述压力容器1内的温度、压力、气体浓度和湿度,并输出给显示记录单元进行显示,提供试验装置的验证数据。

[0056] 进一步的,所述试验件控制模块500还包括与所述试验件连接的供电单元和信号传输控制单元,用于对试验件进行供电,并进行信号传输检测。通过所述试验件控制模块500可以实时检测试验件在氢爆过程中功能是否损坏,保证试验件正常工作,从而保证验证试验过程的可靠性。

[0057] 进一步的,所述安全防护模块600包括进行监控显示的监控单元、设置在所述压力容器1表面的爆破片13和安全泄放阀14、设置在所述压力容器1外侧的防护罩、防护网、防爆墙和减震沟。通过安装防护模块600上设置多重保护,可以有效试验过程的安全性。

[0058] 本实施例中,所述爆破片13作为主要安全保护措施,可以设置在所述压力容器1侧面或顶部。所述安全泄放阀14作为次要安全保护措施,可以设置在所述压力容器1顶部。所述爆破片13的起爆压力低于所述压力容器1的耐压,在所述压力容器1的压力超出耐压时瞬间泄压,有效保护整个试验装置。所述爆破片13设置有1～6个,所述安全泄放阀14设置有1～5个,两者的数量可以根据所述压力容器1的大小及爆燃气体类型进行调整,来保证试验过程的可靠性和安全性。

[0059] 本实施例中,在初始压力和温度分别为70kPa和90℃,水蒸气浓度约为5%,氢氧浓度分别为10%和35%时,通过点火器点火形成爆燃过程,并维持特定的氢气分支进气流量,温度最高可达1400℃。

[0060] 下面通过具体实例来进一步说明本发明提供的试验装置。

[0061] 本实例为某阀门电动执行机构在核电站严重事故条件下,第一类氢气爆燃环境条件下的可用性验证试验。

[0062] 所述压力容器1采用立式罐型容器,直径为3.6m,容积为60m^3,耐压为1MPa,耐温最高可达1600℃。所述氢气分支进口3设置五个,并连接所述压力容器1内部的气体分支管路,保证氢气局部输入,可以模拟五个破口事故条件。

[0063] 所述供气模块200由每组10个40L标准钢瓶组成的汇流排,分别提供氮气、氢气和氧气,空气由空压机提供。每路供气系统分别配备电动调节阀和质量流量计,其中五个氢气分支进口3分别配备750L/min质量流量控制器,可以随时补充罐内氢气。

[0064] 所述加热模块300采用导热油炉,热功率为120kW,最高加热温度300℃。

[0065] 所述数据采集模块400可同时记录分析48个温度信号、5个压力信号、5个氢气浓度信号、2个氧气浓度信号,可同时监测压力容器1内温度、压力及气体组分的变化过程。

[0066] 所述试验件控制模块500采用阀门电动执行机构控制器和万用表。

[0067] 所述安全防护模块600包括爆破片及防护罩、防护网、防爆墙、减震沟。所述压力容器1的侧壁设置4个DN400爆破片13,起爆压力为0.9MPa;顶部还设置3个安全泄放阀14,整定压力为0.9MPa。防护罩由10mm厚钢板焊接而成,为金字塔结构,用于防止爆破片13破裂时碎片的冲击;防护网为直径4mm粗钢筋护网,围绕在所述压力容器1四周;防爆墙为钢筋混凝土墙,根据相关抗爆标准设计,房顶为钢筋护网敞开结构用于卸爆;减震沟位于防爆墙四周,用于减少氢爆震动对周围建筑的影响。

[0068] 上述试验过程得到的温度曲线如图3所示,爆燃过程最高温度最高达到920℃,且450℃后温度平稳下降,200℃以上维持了超过550秒,该温度变化曲线完全满足某一类核电站严重事故工况下,氢气爆燃过程的模拟要求,经历该氢爆试验过程的试验件即阀门电动执行机构运行正常,满足设备可用性要求。

[0069] 参阅图4所示,本发明还提供一种验证氢气爆燃环境中设备可用性的试验方法,该试验方法具体步骤包括如下:

[0070] 步骤S1:将试验件放置在所述压力容器1内测试台20上,打开供气模块200阀门,由空气进口5向压力容器1通入压缩空气,使压力容器1内的压力升至70kPa;

[0071] 步骤S2:开启加热模块300,对压力容器1内的气体进行加热,使压力容器1内的气体温度升至90℃;

[0072] 步骤S3:当压力容器1内温度和压力达到指定范围后,由供气模块200通过水蒸气进口7、氧气进口4、氢气主进气口2、氮气进口6和氢气分支进口3先后通入水蒸气、氧气、氮气和氢气,使压力容器1内水蒸气浓度约为5%,氢、氧浓度分别为10%和35%;其中氮气用于调节气体组分浓度和通氢气前后的吹扫;

[0073] 步骤S4:开启数据采集模块400和安全防护模块600,启动全部点火器12在压力容器1内形成爆燃环境;

[0074] 步骤S5:实时记录压力容器1内温度、压力、气体组分的变化得到试验数据,试验件控制模块500测试试验件的信号,保证正常工作;

[0075] 步骤S6:达到设定试验测试时间后,关闭数据采集模块400和安全防护模块600停止数据采集,打开安全泄放阀14将压力容器1内的气体排出,自然降温。

[0076] 步骤S7:取出试验件,检查装置运行状况是否正常,并对试验数据进行验证分析。

[0077] 本发明提供的验证氢气爆燃环境中设备可用性的试验装置及方法,试验装置具有较大的规模,可创造较大空间的氢气爆燃过程,获得爆燃过程中温度、压力等信号变化,为氢气爆燃过程提供基础数据,完成设备在该条件下的可用性验证。

[0078] 上述实施例为本发明较佳的实施方式,但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制,其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化,均应为等效的置换方式,都包含在本发明的保护范围之内。

20
100
测试台
测试台
供气模块
200
数据采集
模块400
试验件控
制模块500
安全防护
模块600
15
加热模块
300

图1

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

图2

1000
800
600
400
200
0
温度/℃
0
100
200
300
400
500
时间/s

图3

S1
将试验件放置在所述测试台上，打开供气模块，由空气进口向压力容器通入压缩空气
S2
开启加热模块，对压力容器内的气体进行加热
S3
供气模块通过水蒸气进口、氧气进口、氢气主进气口和氢气分支进口先后通入水蒸气、氧气和氢气
S4
开启数据采集模块和安全防护模块，启动全部点火器在压力容器内形成爆燃环境
S5
实时记录压力容器内温度、压力、气体组分的变化得到试验数据，试验件控制模块测试试验件的信号
S6
达到设定试验测试时间后，关闭数据采集模块和安全防护模块停止数据采集，打开安全泄放阀将压力容器内的气体排出
S7
取出试验件，检查装置的运行状况，对试验数据进行验证分析

图4