



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104931286 B

(45)授权公告日 2017.06.06

(21)申请号 201510353924.4

(22)申请日 2015.06.24

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104931286 A

(43)申请公布日 2015.09.23

(73)专利权人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市咸宁西路28号

(72)发明人 王跃社 郝芸 魏进家 胡甜

(74)专利代理机构 西安通大专利代理有限责任
公司 61200

代理人 王霞

(51)Int.Cl.

G01M 99/00(2011.01)

G01D 21/02(2006.01)

(56)对比文件

CN 201233315 Y, 2009.05.06,

CN 102032549 A, 2011.04.27,

CN 102866076 A, 2013.01.09,

CN 202676456 U, 2013.01.16,

CN 202974001 U, 2013.06.05,

CN 103033535 A, 2013.04.10,

CN 103307623 A, 2013.09.18,

CN 103437990 A, 2013.12.11,

CN 204165753 U, 2015.02.18,

JP 平1-189436 A, 1989.07.28,

US 4033118 A, 1977.07.05,

张强强 等.多云气象条件下熔融盐腔式吸
热器的热性能分析.《中国电机工程学报》.2014,
第34卷(第8期),第1291-1296页.

审查员 陈琳

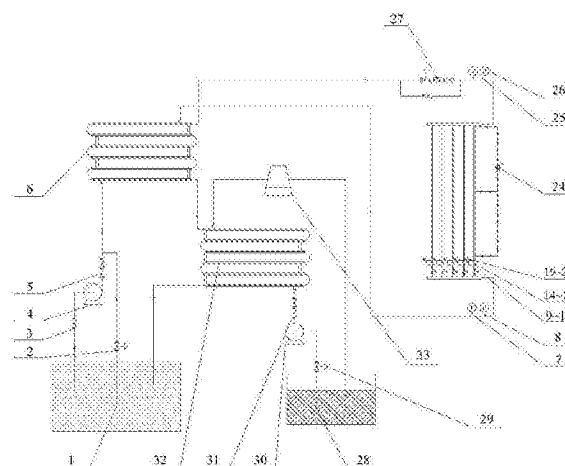
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种用于研究变热负荷下吸热器受热面流
量和管壁温度的实验装置

(57)摘要

本发明公开了一种用于研究变热负荷下吸热器受热面流量和管壁温度的实验装置,属于太阳能热发电领域。实验装置由供水单元、加热单元、换热冷却单元及实验工段四部分组成。本发明的实验装置与真实系统在技术上比较接近,通过对水工质腔式吸热器受热面介质的流量分配和壁温分布进行实验研究,获得的吸热器受热面运行过程中压力、流量、壁温等参数的变化规律,这些参数变化规律能够为水工质吸热器的设计和运行提供实验指导。本发明实验装置设计合理,结构简单,能够有效反映出变热负荷下吸热器受热面的流量和壁温分布。



1. 一种用于研究变热负荷下吸热器受热面流量和管壁温度的实验装置, 其特征在于, 包括供水单元、加热单元、换热冷却单元及实验工段; 供水单元包括水箱 (1), 加热单元包括预热器 (6), 换热冷却单元包括冷却水箱 (28)、冷却器 (32) 及冷却塔 (33); 水箱 (1) 内的去离子水通过预热器 (6) 后进入实验工段, 再经预热器 (6) 和冷却器 (32) 返回水箱 (1) 中; 冷却水箱 (28) 中的循环冷却水通过冷却水泵 (30) 与冷却器 (32) 相连, 再经过冷却塔 (33) 返回冷却水箱 (28) 中;

在预热器 (6) 与实验工段相连的进水管路上设有进口测温热电偶 (7) 和进口压力传感器 (8), 在实验工段与预热器 (6) 相连的出水管路上依次设有出口压力传感器 (26)、出口测温热电偶 (25) 及背压阀 (27);

所述实验工段包括若干并联固定在支架上的实验管, 每个实验管的入口端均设有孔板流量计、流量调节阀及差压变送器; 在每个实验管的管壁上布置有一个正极板和若干负极板, 且正、负极板通过电缆与大电流变压器相连; 在每个实验管的管壁上还布置若干测温热电偶, 测温热电偶、差压变送器通过信号线与数据采集板相连。

2. 根据权利要求1所述的一种用于研究变热负荷下吸热器受热面流量和管壁温度的实验装置, 其特征在于, 水箱 (1) 的出水口通过管路与预热器 (6) 的第一进水口相连, 预热器 (6) 的第一出水口通过管路与实验管的进水管相连, 实验管的出水管通过管路与预热器 (6) 的第二进水口相连, 预热器 (6) 的第二出水口通过管路与冷却器 (32) 的第一进水口相连, 冷却器 (32) 的第一出水口通过管路与水箱 (1) 的进水口相连, 冷却水箱 (28) 的出水口通过管路与冷却器 (32) 的第二进水口相连, 冷却器 (32) 的第二出水口通过管路与冷却塔 (33) 的进水口相连, 冷却塔 (33) 的出水口通过管路与冷却水箱 (28) 的进水口相连。

3. 根据权利要求2所述的一种用于研究变热负荷下吸热器受热面流量和管壁温度的实验装置, 其特征在于, 供水单元还包括实验泵 (4), 该实验泵 (4) 设置在水箱 (1) 和预热器 (6) 第一进水口相连的管路上, 且在该管路上设有常开阀 (3); 在实验泵 (4) 通向预热器 (6) 的管路上设有第一止回阀 (5); 在第一止回阀 (5) 与预热器 (6) 的管路上还分支出一条与水箱 (1) 相连的旁路, 旁路上设有旁路调节阀 (2)。

4. 根据权利要求3所述的一种用于研究变热负荷下吸热器受热面流量和管壁温度的实验装置, 其特征在于, 在冷却水箱 (28) 出水口和冷却水泵 (30) 进水口之间的管路上设有冷却水调节阀 (29), 在冷却水泵 (30) 出水口与冷却器 (32) 第二进水口之间的管路上设有第二止回阀 (31)。

5. 根据权利要求1所述的一种用于研究变热负荷下吸热器受热面流量和管壁温度的实验装置, 其特征在于, 在实验工段上还设有可调变压器 (24), 该可调变压器 (24) 与实验工段形成电加热回路。

6. 根据权利要求1所述的一种用于研究变热负荷下吸热器受热面流量和管壁温度的实验装置, 其特征在于, 实验工段中的实验管通过U型夹固定在支架上, 且在实验管与U型夹及支架间设有绝缘套。

7. 根据权利要求1所述的一种用于研究变热负荷下吸热器受热面流量和管壁温度的实验装置, 其特征在于, 在所述实验管的外部包覆保温玻璃棉。

8. 根据权利要求1所述的一种用于研究变热负荷下吸热器受热面流量和管壁温度的实验装置, 其特征在于, 所述实验管为304L管材, 管径为 $\Phi 12\text{mm} \times 1\text{mm}$, 管长为3m。

9. 根据权利要求1所述的一种用于研究变热负荷下吸热器受热面流量和管壁温度的实验装置,其特征在于,进口测温热电偶(7)、出口测温热电偶(25)及设置在实验管的管壁上的测温热电偶均采用K型热电偶。

10. 根据权利要求1所述的一种用于研究变热负荷下吸热器受热面流量和管壁温度的实验装置,其特征在于,该实验装置的温度不超过250℃,测试压力不超过1.2MPa,实验工段所用介质为去离子水,且水流流量为0~500L/h。

一种用于研究变热负荷下吸热器受热面流量和管壁温度的实验装置

技术领域

[0001] 本发明属于吸热器研究实验装置领域,具体涉及一种用于研究变热负荷下吸热器受热面流量和管壁温度的实验装置。

背景技术

[0002] 当前世界能源消耗结构中,石油、天然气、煤等化石能源仍然占很大比重,其消耗量更是随着社会经济的发展日益增加。而化石能源的储量有限,且在消耗过程中会对生态环境,尤其是大气环境,造成很大的污染,严重影响了地球上生物的生存和健康。鉴于化石能源的短缺以及其污染性,寻求新的清洁可再生能源,已成为人类社会发展的当务之急。

[0003] 在众多可再生能源中,太阳能因其储量充足、分布广泛、清洁安全等诸多优点,受到越来越多的关注。太阳能热发电技术作为人类利用太阳能资源的重要手段,自20世纪80年代以来,塔式太阳能热发电技术得到了迅猛发展,一批塔式太阳能试验电站先后投入试运行。塔式热发电就是利用平面反射镜阵列(定日镜场)将太阳能聚焦反射至位于高塔上的光热转化装置吸热器上,将吸热器内的工作介质(比如水)加热成高温蒸汽,高温蒸汽在汽轮机中将热能转化成动能,最后带动发电机发电的技术。大量实验和运行数据证明,塔式太阳能热发电不仅在技术上可行,而且具有高效率、大容量的商业应用前景。我国塔式太阳能发电方面起步较晚,成本和技术是制约我国塔式太阳能热发电商业运作的两大瓶颈,其中关键技术的研究是大力推广塔式太阳能热发电,降低发电成本,缓解能源匮乏,实现清洁能源推广的重要保障。

[0004] 吸热器是太阳能热发电系统中太阳能转化为热能的核心部件。根据传热介质的不同,吸热器的结构、工作参数及热效率各不相同。目前,以水工质为腔式吸热器的塔式太阳能热发电站因其优良的经济性中愈来愈受到各国的高度重视,也是各国政府极力推广的聚光式太阳能热发电应用的技术选型。20世纪80年代建成的美国的Solar One和西班牙的CESA-1的试验电站,2007年初投产的由西班牙Abengoa Solar公司建造的11MW的塔式太阳能商业电站PS10,2009年西班牙Abengoa Solar公司建成并投产的20MW塔式太阳能商业电站PS20,2012年在我国北京建设的亚洲首座MW级塔式太阳能示范电站均采用了水/蒸汽式吸热器。

[0005] 长期的科研实验与生产实践发现:受工作介质两相流的影响,水/蒸汽吸热器受热面本身存在并联管组各管路的流量分配和水动力特性的差异较大的问题,同时因定日镜的高聚光性使得投射到吸热器上的热负荷(太阳能光斑)呈现出中心温度高、由里及外依次衰减的高强度、分布不均匀性特征,流量分配和热流密度分布两种太阳能聚光热发点固有的特征会使得吸热器个别管路出现高温烧蚀、部分管路倒流等严重的水动力问题,严重影响吸热器的稳定性和整个电厂的安全运行。因而,掌握变热负荷下吸热器受热面流量和壁温分布特性对保证吸热器安全稳定运行有着至关重要的作用,同时,有利于实现水工质腔式吸热器向高效率、聚光太阳能热发电技术向大容量、规模化方向发展。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种用于研究变热负荷下吸热器受热面流量和管壁温度的实验装置,该实验装置设计合理,结构简单,能够有效反映出变热负荷下吸热器受热面的流量和壁温分布。

[0007] 本发明是通过以下技术方案来实现:

[0008] 一种用于研究变热负荷下吸热器受热面流量和管壁温度的实验装置,包括供水单元、加热单元、换热冷却单元及实验工段;供水单元包括水箱,加热单元包括预热器,换热冷却单元包括冷却水箱、冷却器及冷却塔;水箱内的去离子水通过预热器后进入实验工段,再经预热器和冷却器返回水箱中;冷却水箱中的循环冷却水通过冷却水泵与冷却器相连,再经过冷却塔返回冷却水箱中;

[0009] 在预热器与实验工段相连的进水管路上设有进口测温热电偶和进口压力传感器,在实验工段与预热器相连的出水管路上依次设有出口压力传感器、出口测温热电偶及背压阀;

[0010] 所述实验工段包括若干并联固定在支架上的实验管,每个实验管的入口端均设有孔板流量计、流量调节阀及差压变送器;在每个实验管的管壁上布置有一个正极板和若干负极板,且正、负极板通过电缆与大电流变压器相连;在每个实验管的管壁上还布置若干测温热电偶,测温热电偶、差压变送器通过信号线与数据采集板相连。

[0011] 水箱的出水口通过管路与预热器的第一进水口相连,预热器的第一出水口通过管路与实验管的进水管相连,实验管的出水管通过管路与预热器的第二进水口相连,预热器的第二出水口通过管路与冷却器的第一进水口相连,冷却器的第一出水口通过管路与水箱的进水口相连,冷却水箱的出水口通过管路与冷却器的第二进水口相连,冷却器的第二出水口通过管路与冷却塔的进水口相连,冷却塔的出水口通过管路与冷却水箱的进水口相连。

[0012] 供水单元还包括实验泵,该实验泵设置在水箱和预热器第一进水口相连的管路上,且在该管路上设有常开阀;在实验泵通向预热器的管路上设有第一止回阀;在第一止回阀与预热器的管路上还分支出一条与水箱相连的旁路,旁路上设有旁路调节阀。

[0013] 在冷却水箱出水口和冷却水泵进水口之间的管路上设有冷却水调节阀,在冷却水泵出水口与冷却器第二进水口之间的管路上设有第二止回阀。

[0014] 在实验工段上还设有可调变压器,该可调变压器与实验工段形成电加热回路。

[0015] 实验工段中的实验管通过U型夹固定在支架上,且在实验管与U型夹及支架间设有绝缘套。

[0016] 在所述实验管的外部包覆保温玻璃棉。

[0017] 所述实验管为304L管材,管径为 $\Phi 12\text{mm} \times 1\text{mm}$,管长为3m。

[0018] 进口测温热电偶、出口测温热电偶及设置在实验管的管壁上的测温热电偶均采用K型热电偶。

[0019] 该实验装置的温度不超过 250°C ,测试压力不超过1.2MPa,实验工段所用介质为去离子水,且水流流量为 $0 \sim 500\text{L/h}$

[0020] 与现有技术相比,本发明具有以下有益的技术效果:

[0021] 本发明的用于研究变热负荷下吸热器受热面流量和管壁温度的实验装置由供水单元、加热单元、换热冷却单元及实验工段四部分组成。水箱内去离子水经过实验泵、预热器与实验段相连,实验段经过流量调节阀、孔板流量计与背压阀连接后,再经过预热器和冷却器回到水箱中,实验段进出口设有压力变送器和测温热电偶;实验段管壁布置有正负极板(通过电缆连接至大电流变压器)和若干测温热电偶,正负极板的位置能够根据实际工况进行调整,通过调节极板的位置实现一个变压器调节管组不同加热热负荷的目的;循环冷却水通冷却器后经过冷却塔回流至冷却水箱。本发明从实验角度弥补了塔式太阳能热发电系统水工质吸热器受热面的水动力特性研究上的空白。本发明的实验装置与真实系统在技术上比较接近,通过对水工质腔式吸热器受热面介质的流量分配和壁温分布进行实验研究,获得的吸热器受热面运行过程中压力、流量、壁温等参数的变化规律,这些参数变化规律能够为水工质吸热器的设计和运行提供实验指导。

附图说明

[0022] 图1为本发明的实验装置结构图;

[0023] 图2为本发明的实验工段实验管与支架电绝缘示意图;

[0024] 图3为本发明的实验系统中实验工段结构图。

[0025] 其中,1.水箱;2.旁路调节阀;3.常开阀;4.实验泵;5.第一止回阀;6.预热器;7.进口测温热电偶;8.进口压力传感器;9-13.流量调节阀;14-18.孔板流量计;19-23.差压变送器;24.可调变压器;25.出口测温热电偶;26.出口压力传感器;27.背压阀;28.冷却水箱;29.冷却水调节阀;30.冷却水泵;31.第二止回阀;32.冷却器;33.冷却塔;34-47.负极板;48-77.测温热电偶;78-82.正极板;83.实验管;84.绝缘套;85.U型夹;86.螺母;87.支架

具体实施方式

[0026] 下面结合具体的实施例对本发明做进一步的详细说明,所述是对本发明的解释而不是限定。

[0027] 参见图1,本发明的用于研究变热负荷下吸热器受热面流量和管壁温度的实验装置,包括供水单元、加热单元、换热冷却单元及实验工段;供水单元包括水箱1,加热单元包括预热器6,换热冷却单元包括冷却水箱28、冷却器32及冷却塔33;水箱1内的去离子水通过预热器6后进入实验工段,再经预热器6和冷却器32返回水箱1中;冷却水箱28中的循环冷却水通过冷却水泵30与冷却器32相连,再经过冷却塔33返回冷却水箱28中;水箱1的出水口通过管路与预热器6的第一进水口相连,预热器6的第一出水口通过管路与实验管的进水管相连,实验管的出水管通过管路与预热器6的第二进水口相连,预热器6的第二出水口通过管路与冷却器32的第一进水口相连,冷却器32的第一出水口通过管路与水箱1的进水口相连,冷却水箱28的出水口通过管路与冷却器32的第二进水口相连,冷却器32的第二出水口通过管路与冷却塔33的进水口相连,冷却塔33的出水口通过管路与冷却水箱28的进水口相连。

[0028] 供水单元还包括实验泵4,该实验泵4设置在水箱1和预热器6第一进水口相连的管路上,且在该管路上设有常开阀3;在实验泵4通向预热器6的管路上设有第一止回阀5;在第一止回阀5与预热器6的管路上还分支出一条与水箱1相连的旁路,旁路上设有旁路调节阀2,在冷却水箱28出水口和冷却水泵30进水口之间的管路上设有冷却水调节阀29,在冷却水

泵30出水口与冷却器32第二进水口之间的管路上设有第二止回阀31。在预热器6与实验工段相连的进水管路上设有进口测温热电偶7和进口压力传感器8,在实验工段与预热器6相连的出水管路上依次设有出口压力传感器26、出口测温热电偶25及背压阀27;在实验工段上还设有可调变压器24,该可调变压器24与实验工段形成电加热回路。

[0029] 所述实验工段包括若干并联固定在支架上的实验管,每个实验管的入口端均设有孔板流量计14-18、流量调节阀9-13及差压变送器19-23;

[0030] 参见图2,实验工段中的实验管83通过U型夹85和螺母86固定在支架87上,且在实验管83与U型夹85及支架87间设有绝缘套84。实验管与支架需要绝缘,以防止电加热对数据采集信号的影响。

[0031] 参见图3,a口为进水口,b为出水口。在每个实验管的管壁上布置有一个正极78-82和若干负极板34-47,且正、负极板通过电缆与大电流变压器相连;在每个实验管的管壁上还布置若干测温热电偶48-77,测温热电偶、差压变送器通过信号线与数据采集板相连。工作时,实验工段采用低电压大电流加热,管壁上布置的正负极板和若干测温热电偶位置、数量均可以根据实际工况进行选择 and 调整,通过调节极板的位置实现一个变压器调节管组不同加热热负荷的目的,加热功率由电流互感器和电压互感器得出。

[0032] 所述实验管为304L管材,管径为 $\Phi 12\text{mm} \times 1\text{mm}$,管长为3m。

[0033] 进口测温热电偶7、出口测温热电偶25及设置在实验管的管壁上的测温热电偶均采用K型热电偶。

[0034] 实验段进口总流量由旁路调节阀和背压阀同时调节来控制;系统压力由背压阀调节,通过流量调节阀控制进入各支管的流量。本发明装置中测试的压力不超过1.1MPa,温度不超过250℃,流量范围0-500L/h,实验介质为去离子(以防止高温结垢)。

[0035] 本发明的实验装置在实际使用时:

[0036] 启动:①查整个实验系统,并打开系统电源;②打开数据采集系统,开始监测系统运行;③打开常开阀,开启实验泵,调节背压阀和旁路阀使总流量达到实验要求,④调节流量调节阀使得每根管的流量基本一致;⑤同时打开冷却泵和冷却水调节阀;⑥开启变压器,调节某一加热功率,保持一定时间,观测系统总流量,适当调节旁路调节阀,以确保总流量不变。实验过程中调节加热功率,直至实验段水饱和。

[0037] 停止:①将实验段的通电功率逐渐减小,直至减小为零;②通电功率降为零,关闭可调变压器;③停止实验泵,实验系统停止;④关闭冷却水泵,停止冷却系统;⑤关闭测试系统,停止监控;⑥关闭所有电源。

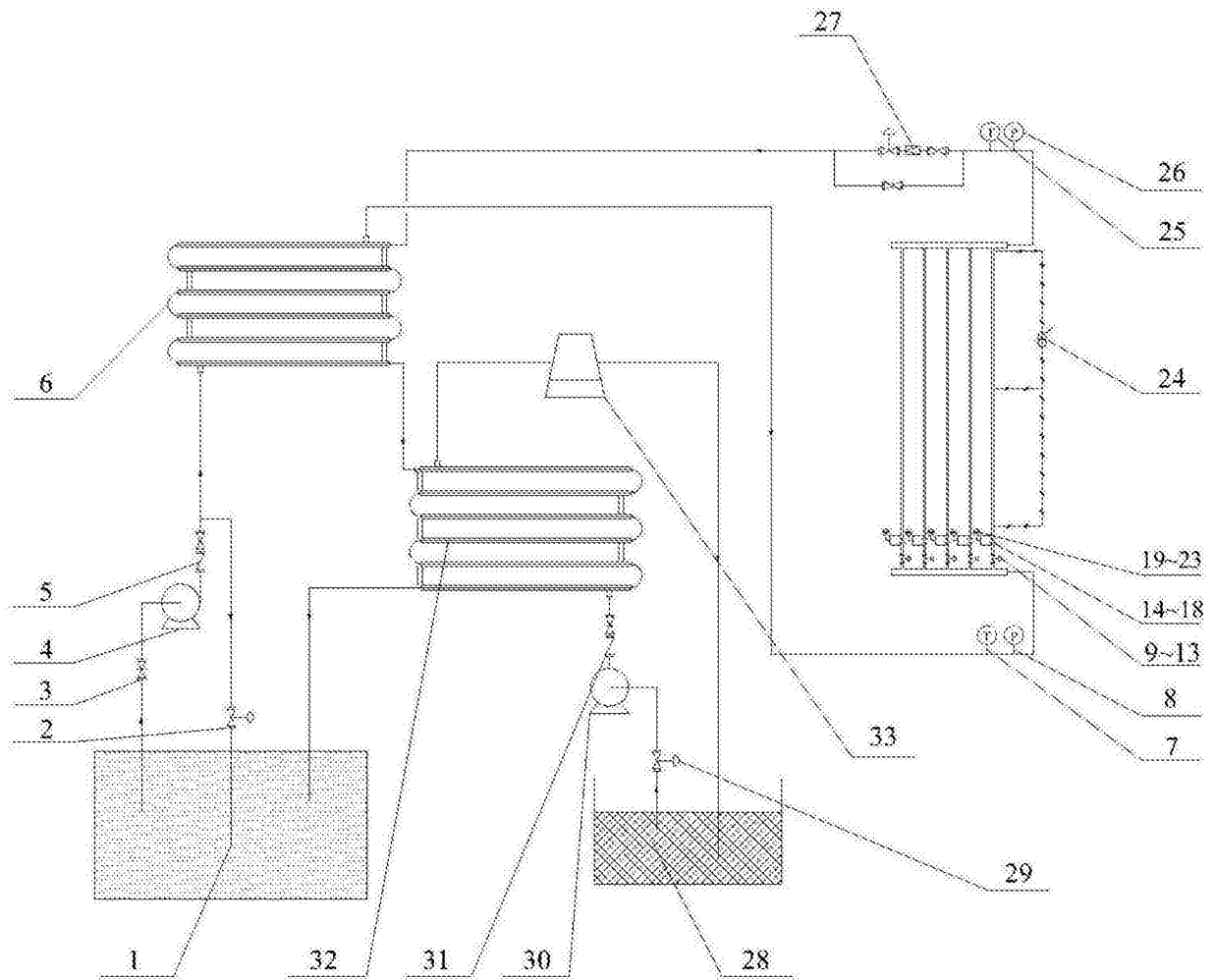


图1

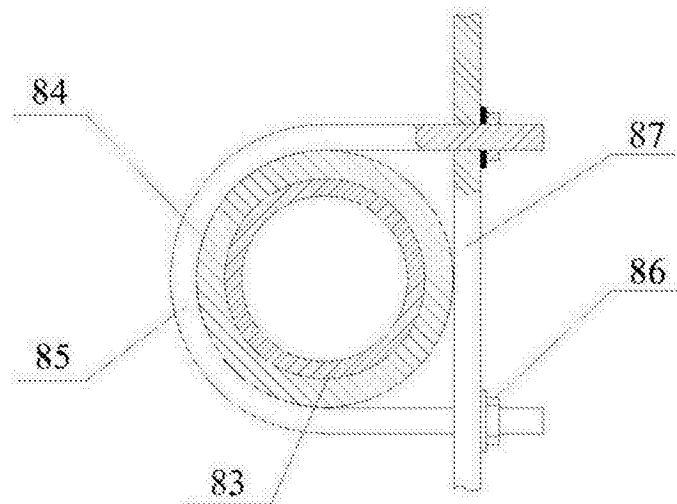


图2

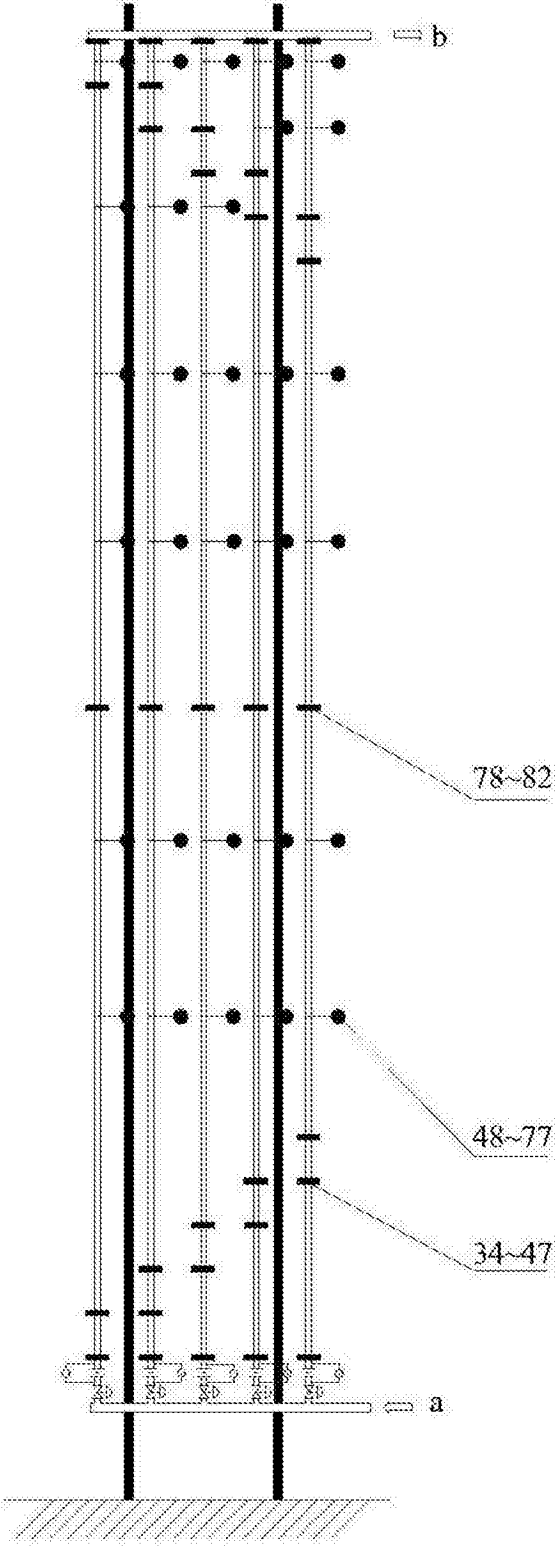


图3