(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 118961373 B
(45)授权公告日 2025.03.25

(21)申请号 202411440742.6
(22)申请日 2024.10.16
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 118961373 A
(43)申请公布日 2024.11.15
(73)专利权人 国网天津市电力公司电力科学研究院
地址 300450 天津市滨海新区华苑产业区海泰华科四路8号
专利权人 国网天津市电力公司
国家电网有限公司
(72)发明人 叶芳 齐文艳 李田 耿芳 白苏娜 毛华 于金山 吴东 李俊元 李文杰 张梅 赵博 张胜寒 黄智豪 李扬
(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021
专利代理师 李鹏宇
(51)Int.Cl.
G01N 3/02(2006.01)
G01N 3/08(2006.01)
(56)对比文件
CN 111829943 A,2020.10.27
CN 114899624 A,2022.08.12
审查员 王鑫

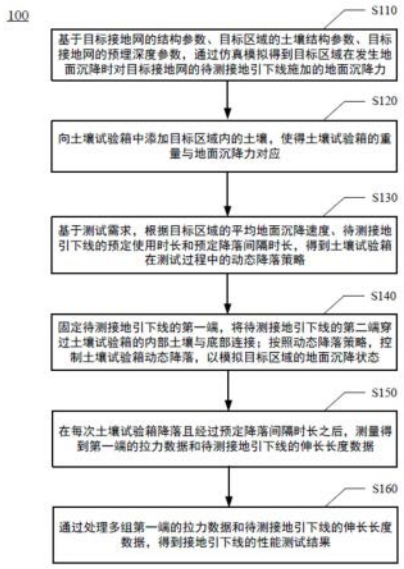
权利要求书2页 说明书13页 附图6页

(54)发明名称

接地引下线的性能测试方法与装置

(57)摘要

本发明提供了一种接地引下线的性能测试方法与装置,可用于材料性能测试技术领域。该性能测试方法包括:基于目标接地网的结构参数和预埋深度参数、目标区域的土壤结构参数,通过仿真模拟得到对待测接地引下线施加的地面沉降力;向土壤试验箱中添加目标区域内的土壤,使得土壤试验箱的重量与地面沉降力对应;基于测试需求,得到土壤试验箱在测试过程中的动态降落策略;固定待测接地引下线的第一端,将待测接地引下线的第二端与底部连接;按照动态降落策略,模拟目标区域的地面沉降状态;在每次试验后,测量得到第一端的拉力数据和待测接地引下线的伸长长度数据;以及通过处理所得测量数据,得到接地引下线的性能测试结果。



CN 118961373 B

1.一种接地引下线的性能测试方法,包括:其特征在于:

基于目标接地网的结构参数、目标区域的土壤结构参数、所述目标接地网的预埋深度参数,通过仿真模拟得到所述目标区域在发生地面沉降时对所述目标接地网的待测接地引下线施加的地面沉降力;

向土壤试验箱中添加所述目标区域内的土壤,使得所述土壤试验箱的重量与所述地面沉降力对应;

基于测试需求,根据所述目标区域的平均地面沉降速度、所述待测接地引下线的预定使用时长和预定降落间隔时长,得到所述土壤试验箱在测试过程中的动态降落策略;

固定所述待测接地引下线的第一端,将所述待测接地引下线的第二端穿过所述土壤试验箱的内部土壤与底部连接;按照所述动态降落策略,控制所述土壤试验箱动态降落,以模拟所述目标区域的地面沉降状态;

在每次所述土壤试验箱降落且经过所述预定降落间隔时长之后,测量得到所述第一端的拉力数据和所述待测接地引下线的伸长长度数据;以及

通过处理多组所述第一端的拉力数据和所述待测接地引下线的伸长长度数据,得到所述接地引下线的性能测试结果。

2.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述基于测试需求,根据所述目标区域的平均地面沉降速度、所述待测接地引下线的预定使用时长和预定降落间隔时长,得到所述土壤试验箱在测试过程中的动态降落策略,包括:

根据所述平均地面沉降速度和所述预定使用时长,得到目标降落高度;以及

基于测试需求,根据所述目标降落高度和所述预定降落间隔时长,确定所述动态降落策略。

3.根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述基于测试需求,根据所述目标降落高度和所述预定降落间隔时长,确定所述动态降落策略,包括:

基于测试需求,确定第一测试时长;

根据所述目标降落高度和所述第一测试时长,得到第一降落速度;

根据所述第一测试时长和所述预定降落间隔时长,得到第一降落次数;以及

根据所述目标降落高度、所述第一降落速度、所述第一降落次数和所述预定降落间隔时长,得到第一动态降落策略。

4.根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

经过所述第一测试时长之后,对所述待测接地引下线进行腐蚀测试,得到腐蚀状态数据。

5.根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述基于测试需求,根据所述目标降落高度和所述预定降落间隔时长,确定所述动态降落策略,包括:

基于测试需求,确定每次降落高度;

根据所述目标降落高度、所述每次降落高度和所述预定降落间隔时长,得到第二测试时长;

根据所述第二测试时长和所述目标降落高度,得到第二降落速度;以及

根据所述第二降落速度、所述每次降落高度、所述目标降落高度和所述预定降落间隔时长,得到第二动态降落策略。

6.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述通过处理多组所述第一端的拉力数据和所述待测接地引下线的伸长长度数据,得到所述接地引下线的性能测试结果;

基于所述多组所述第一端的拉力数据和所述待测接地引下线的伸长长度数据,绘制得到所述待测接地引下线的拉伸曲线图;

根据所述待测接地引下线的结构参数,计算得到目标伸长长度;

从所述拉伸曲线图中查询到与所述目标伸长长度对应的目标拉力;以及

根据所述目标拉力和所述地面沉降力,得到所述待测接地引下线的柔性指数。

7.根据权利要求6所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

根据所述待测接地引下线在所述地面沉降力作用下产生的伸长长度与所述目标伸长长度,得到所述待测接地引下线的柔性度。

8.一种用于权利要求1-7任一项所述方法的接地引下线的性能测试装置,其特征在于,包括:

横梁,所述横梁通过第一固定件连接待测接地引下线的第一端;

土壤试验箱,所述土壤试验箱的底部内壁通过第二固定件连接所述待测接地引下线的第二端;

牵引机构,所述牵引机构的一端连接在所述横梁上,所述牵引机构的另一端连接在所述土壤试验箱的侧壁上,用于控制所述土壤试验箱降落;

所述第一固定件上设置测力计,用于在所述土壤试验箱降落的过程中测量所述第一端的拉力。

9.根据权利要求8所述的装置,其特征在于,所述横梁上设置第一吊耳;所述土壤试验箱的侧壁上设置第二吊耳;所述牵引机构的一端与所述第一吊耳连接;所述牵引机构的另一端与所述第二吊耳连接。

10.根据权利要求9所述的装置,其特征在于,所述装置还包括:

支架,设置在所述横梁的两端,用于支撑所述横梁;

底座,与所述支架固定连接;

多个垫片,活动设置在所述土壤试验箱与所述底座之间;其中,每个垫片的厚度小于或等于所述土壤试验箱每次的降落高度。

接地引下线的性能测试方法与装置

技术领域

[0001] 本发明涉及材料性能测试技术领域,具体地涉及一种接地引下线的性能测试方法与装置。

背景技术

[0002] 地面沉降是指在自然因素和人类活动影响下区域内地面高程降低的现象。地面沉降与建筑物损坏的关系具有空间变化性,取决于地下水开采、地质构造、土壤压缩、建筑物结构等因素的影响。当地面沉降较为严重时,会引发建筑物裂缝、倾斜、破坏等,以及电力设施和输电线路的损坏、故障等。地面沉降发生时,当地面构筑物沉降速度小于接地网下沉速度时,接地引下线会受到应力腐蚀影响,达到一定程度,会发生接地引下线应力腐蚀断裂,进而导致输变电事故的发生。

[0003] 接地引下线柔性连接结构通常由镀锌钢(热浸镀锌扁钢或圆钢)或铜材(铜排或铜棒)制成。在地面沉降时,接地引下线柔性连接结构要能够随着地面沉降而伸展,以防止接地引下线受力太大或拉断。对于不同材料、尺寸的柔性连接结构,其随地面沉降而伸展所需要的力不同。为此,需要测试接地引下线柔性连接结构的柔性性能。但是目前尚无模拟地面沉降条件下接地引下线柔性连接结构性能的试验装置与方法。

发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明提供了一种接地引下线的性能测试方法与装置。

[0005] 根据本发明的一个方面,提供了一种接地引下线的性能测试方法,包括:基于目标接地网的结构参数、目标区域的土壤结构参数、目标接地网的预埋深度参数,通过仿真模拟得到目标区域在发生地面沉降时对目标接地网的待测接地引下线施加的地面沉降力;向土壤试验箱中添加目标区域内的土壤,使得土壤试验箱的重量与地面沉降力对应;基于测试需求,根据目标区域的平均地面沉降速度、待测接地引下线的预定使用时长和预定降落间隔时长,得到土壤试验箱在测试过程中的动态降落策略;固定待测接地引下线的第一端,将待测接地引下线的第二端穿过土壤试验箱的内部土壤与底部连接;按照动态降落策略,控制土壤试验箱动态降落,以模拟目标区域的地面沉降状态;在每次土壤试验箱降落且经过预定降落间隔时长之后,测量得到第一端的拉力数据和待测接地引下线的伸长长度数据;以及通过处理多组第一端的拉力数据和待测接地引下线的伸长长度数据,得到接地引下线的性能测试结果。

[0006] 根据本发明的实施例,基于测试需求,根据目标区域的平均地面沉降速度、待测接地引下线的预定使用时长和预定降落间隔时长,得到土壤试验箱在测试过程中的动态降落策略,包括:根据平均地面沉降速度和预定使用时长,得到目标降落高度;以及基于测试需求,根据目标降落高度和预定降落间隔时长,确定动态降落策略。

[0007] 根据本发明的实施例,基于测试需求,根据目标降落高度和预定降落间隔时长,确定动态降落策略,包括:基于测试需求,确定第一测试时长;根据目标降落高度和第一测试

时长,得到第一降落速度;根据第一测试时长和预定降落间隔时长,得到第一降落次数;以及根据目标降落高度、第一降落速度、第一降落次数和预定降落间隔时长,得到第一动态降落策略。

[0008] 根据本发明的实施例,上述性能测试方法还包括:经过第一测试时长之后,对待测接地引下线进行腐蚀测试,得到腐蚀状态数据。

[0009] 根据本发明的实施例,基于测试需求,根据目标降落高度和预定降落间隔时长,确定动态降落策略,包括:基于测试需求,确定每次降落高度;根据目标降落高度、每次降落高度和预定降落间隔时长,得到第二测试时长;根据第二测试时长和目标降落高度,得到第二降落速度;以及根据第二降落速度、每次降落高度、目标降落高度和预定降落间隔时长,得到第二动态降落策略。

[0010] 根据本发明的实施例,通过处理多组第一端的拉力数据和待测接地引下线的伸长长度数据,得到接地引下线的性能测试结果;基于多组第一端的拉力数据和待测接地引下线的伸长长度数据,绘制得到待测接地引下线的拉伸曲线图;根据待测接地引下线的结构参数,计算得到目标伸长长度;从拉伸曲线图中查询到与目标伸长长度对应的目标拉力;以及根据目标拉力和地面沉降力,得到待测接地引下线的柔性指数。

[0011] 根据本发明的实施例,上述性能测试方法还包括:根据待测接地引下线在地面沉降力作用下产生的伸长长度与目标伸长长度,得到待测接地引下线的柔性度。

[0012] 根据本发明的另一个方面,提供了一种用于上述测试方法的接地引下线的性能测试装置,包括:横梁,横梁通过第一固定件连接待测接地引下线的第一端;土壤试验箱,土壤试验箱的底部内壁通过第二固定件连接待测接地引下线的第二端;牵引机构,牵引机构的一端连接在横梁上,牵引机构的另一端连接在土壤试验箱的侧壁上,用于控制土壤试验箱降落;第一固定件上设置测力计,用于在土壤试验箱降落的过程中测量第一端的拉力。

[0013] 根据本发明的实施例,横梁上设置第一吊耳;土壤试验箱的侧壁上设置第二吊耳;牵引机构的一端与第一吊耳连接;牵引机构的另一端与第二吊耳连接。

[0014] 根据本发明的实施例,装置还包括:支架,设置在横梁的两端,用于支撑横梁;底座,与支架固定连接;多个垫片,活动设置在土壤试验箱与底座之间;其中,每个垫片的厚度小于或等于土壤试验箱每次的降落高度。

[0015] 根据本发明的实施例,通过对目标接地网和目标区域土壤的参数进行仿真模拟计算,得到对目标接地网的待测接地引下线施加的地面沉降力,进而确定土壤试验箱的重量。基于实际性能测试需求,根据目标区域的测试所需参数,得到土壤试验箱在测试过程中的动态降落策略。按照动态降落策略来模拟目标区域的地面沉降状态,并在此模拟条件下测试接地引下线在面对地面沉降时的受力变化,得到拉力数据和伸长长度数据,通过处理上述数据得到接地引下线的性能测试结果。因此,本发明提供的接地引下线的性能测试方法与装置可以有效地模拟土壤条件,进行接地引下线柔性连接结构性能试验,填补了接地引下线的性能测试方法的空白,实现了接地引下线性能测试方法与装置的构建。该方法能够有效应对接地引下线的腐蚀行为,为电网灾害防止节约时间和经济成本,为电网系统规划提供科学的依据。

附图说明

[0016] 通过以下参照附图对本发明实施例的描述,本发明的上述以及其他目的、特征和优点将更为清楚,在附图中:

[0017] 图1示出了根据本发明实施例的接地引下线的性能测试方法的流程图;

[0018] 图2示出了根据本发明实施例的横向接地网网格模型的示意图;

[0019] 图3示出了根据本发明实施例的接地引下线的性能测试装置的截面图;

[0020] 图4示出了根据本发明实施例的待测接地引下线柔性连接结构性能测试前后形貌示意图;

[0021] 图5a-图5d示出了根据本发明实施例的接地引下线柔性连接结构性能测试后不同位置的试样表面光学显微照片;

[0022] 图6示出了根据本发明实施例的接地引下线柔性连接结构的拉伸曲线图;

[0023] 图7示出了根据本发明实施例的接地引下线柔性连接结构示意图;

[0024] 图8示出了根据本发明实施例的接地引下线的性能测试装置的示意图;

[0025] 图9示出了根据本发明实施例的接地引下线的性能测试装置中土壤试验箱支架和下固定件示意图。

具体实施方式

[0026] 以下,将参照附图来描述本发明的实施例。但是应该理解,这些描述只是示例性的,而并非要限制本发明的范围。在下面的详细描述中,为便于解释,阐述了许多具体的细节以提供对本发明实施例的全面理解。然而,明显地,一个或多个实施例在没有这些具体细节的情况下也可以被实施。此外,在以下说明中,省略了对公知结构和技术的描述,以避免不必要地混淆本发明的概念。

[0027] 在此使用的术语仅仅是为了描述具体实施例,而并非意在限制本发明。在此使用的术语“包括”、“包含”等表明了所述特征、步骤、操作和/或部件的存在,但是并不排除存在或添加一个或多个其他特征、步骤、操作或部件。

[0028] 在此使用的所有术语(包括技术和科学术语)具有本领域技术人员通常所理解的含义,除非另外定义。应注意,这里使用的术语应解释为具有与本说明书的上下文相一致的含义,而不应以理想化或过于刻板的方式来解释。

[0029] 在使用类似于“A、B和C等中至少一个”这样的表述的情况下,一般来说应该按照本领域技术人员通常理解该表述的含义来予以解释(例如,“具有A、B和C中至少一个的系统”应包括但不限于单独具有A、单独具有B、单独具有C、具有A和B、具有A和C、具有B和C、和/或具有A、B、C的系统等)。

[0030] 地面沉降是指在自然因素和人类活动影响下区域内地面高程降低的现象。当地面沉降较为严重时,会引发建筑物裂缝、倾斜、破坏等,以及电力设施和输电线路的损坏、故障等。接地引下线是连接电气设备与接地网之间的金属导体,随着地面沉降,埋在土壤中的接地引下线会在沉降力的作用下伸展甚至被拉断,同时也会受到腐蚀影响而断裂。对于不同材料、尺寸的柔性连接结构,其随地面沉降而伸展所需要的力不同,耐腐蚀性能也不同。因此,需要测试接地引下线的性能,但是目前尚无模拟地面沉降条件下接地引下线柔性连接结构性能的试验装置与方法。

[0031] 有鉴于此,本发明的实施例提供了一种接地引下线的性能测试方法,通过对目标接地网和目标区域土壤的参数进行仿真模拟计算,得到对目标接地网的待测接地引下线施加的地面沉降力,进而确定土壤试验箱的重量。基于实际性能测试需求,根据目标区域的测试所需参数,得到土壤试验箱在测试过程中的动态降落策略。按照动态降落策略来模拟目标区域的地面沉降状态,并在此模拟条件下测试接地引下线在面对地面沉降时的受力变化,得到拉力数据和伸长长度数据,通过处理上述数据得到接地引下线的性能测试结果。因此,本发明提供的接地引下线的性能测试方法与装置可以有效地模拟土壤条件,进行接地引下线柔性连接结构性能试验,填补了接地引下线的性能测试方法的空白,实现了接地引下线性能测试方法与装置的构建。该方法能够有效应对接地引下线的腐蚀行为,为电网灾害防止节约时间和经济成本,为电网系统规划提供科学的依据。

[0032] 图1示出了根据本发明实施例的接地引下线的性能测试方法的流程图。

[0033] 如图1所示,该实施例的接地引下线的性能测试方法100包括操作S110~操作S160。

[0034] 在操作S110,基于目标接地网的结构参数、目标区域的土壤结构参数、目标接地网的预埋深度参数,通过仿真模拟得到目标区域在发生地面沉降时对目标接地网的待测接地引下线施加的地面沉降力。

[0035] 在操作S120,向土壤试验箱中添加目标区域内的土壤,使得土壤试验箱的重量与地面沉降力对应。

[0036] 在操作S130,基于测试需求,根据目标区域的平均地面沉降速度、待测接地引下线的预定使用时长和预定降落间隔时长,得到土壤试验箱在测试过程中的动态降落策略。

[0037] 在操作S140,固定待测接地引下线的第一端,将待测接地引下线的第二端穿过土壤试验箱的内部土壤与底部连接;按照动态降落策略,控制土壤试验箱动态降落,以模拟目标区域的地面沉降状态。

[0038] 在操作S150,在每次土壤试验箱降落且经过预定降落间隔时长之后,测量得到第一端的拉力数据和待测接地引下线的伸长长度数据。

[0039] 在操作S160,通过处理多组第一端的拉力数据和待测接地引下线的伸长长度数据,得到接地引下线的性能测试结果。

[0040] 根据本发明的实施例,基于目标接地网的结构参数、目标区域的土壤结构参数、目标接地网的预埋深度参数,通过仿真模拟计算得到地面沉降力可以采用有限元模拟软件计算地面沉降时施加在接地引下线上的地面沉降力Fs。

[0041] 根据本发明的实施例,目标接地网可以采用横向平铺式。

[0042] 图2示出了根据本发明实施例的横向接地网网格模型200的示意图。

[0043] 如图2所示,横向铺设的接地网和土体分别可以采用934和1748个C3D8R单元模拟,埋深度0.6m、2.8m×2.8m(横),接地网与接地引下线的材质均为5mm厚、50mm宽的镀锌钢。小格子宽50mm,一共25个格子。按照上述接地网和接地引下线,在地面沉降时,接地引下线的最大载荷为351MPa,因此作用在截面为30mm×4mm镀锌钢上的沉降力Fs =4284kg。

[0044] 根据本发明的实施例,目标区域内的土壤指与目标接地网所在地相同土质的土壤,向土壤试验箱中添加目标区域内的土壤时,逐层压实。

[0045] 根据本发明的实施例,土壤试验箱的重量可以为W_1,W_1与通过有限元模拟计算得到的地面沉降时施加在接地引下线上的地面沉降力Fs相对应,即W_1=Fs。

[0046] 通常情况下,接地引下线柔性连接结构的材质也会对模拟沉降过程产生一定的影响。因此,土壤试验箱的重量还可以为W_2。根据接地引下线柔性连接结构的材质、屈服强度、横截面积等计算出达到屈服强度时所需要的力Fy。可以按照Fy计算土壤腐蚀试验箱的总重量W_2,W_2=1.5Fy。

[0047] 例如,Q235镀锌钢的屈服强度为235MPa,对于截面为30mm×4mm镀锌钢,其Fy = 2.868t,则W_2=1.5Fy =4.302t。

[0048] 根据本发明的实施例,测试需求可以包括测试接地引下线的柔性性能和耐腐蚀性能。柔性性能可以包括柔性指数和柔性度,耐腐蚀性能可以包括腐蚀速率和腐蚀形貌。

[0049] 根据本发明的实施例,目标区域的平均地面沉降速度可以是年平均地面沉降速度,也可以是月平均地面沉降速度。待测接地引下线的预定使用时长可以是接地引下线的设计寿命,例如设计寿命可以是5年、10年。

[0050] 图3示出了根据本发明实施例的接地引下线的性能测试装置的截面图。

[0051] 根据本发明的实施例,如图3所示,待测接地引下线的第一端341固定在连接横梁343上的第一测力计347上,待测接地引下线的第二端342穿过土壤试验箱344的内部土壤与底部连接。待测接地引下线的第一连接件部位345可以采用“焊接(例如:搭焊)+螺栓”的方式连接,待测接地引下线的第一端341可以采用螺栓的方式连接第一端固定件,同样的,待测接地引下线的第二连接件部位346可以采用焊接的方式,待测接地引下线的第二端342可以采用螺栓的方式连接第二端固定件,固定件通过焊接连接在土壤试验箱344底部固定座上。

[0052] 根据本发明的实施例,可以由可控制升降速度的匀速升降装置控制土壤试验箱动态降落,以模拟目标区域的地面沉降状态。

[0053] 根据本发明的实施例,处理多组第一端的拉力数据和待测接地引下线的伸长长度数据可以包括基于第一端的拉力数据和待测接地引下线的伸长长度数据绘制数据图或其他数据分析方法以确定第一端的拉力数据与待测接地引下线的伸长长度数据之间的关联关系。

[0054] 根据本发明的实施例,通过对目标接地网和目标区域土壤的参数进行仿真模拟计算,得到对目标接地网的待测接地引下线施加的地面沉降力,进而确定土壤试验箱的重量。基于实际性能测试需求,根据目标区域的测试所需参数,得到土壤试验箱在测试过程中的动态降落策略。按照动态降落策略来模拟目标区域的地面沉降状态,并在此模拟条件下测试接地引下线在面对地面沉降时的受力变化,得到拉力数据和伸长长度数据,通过处理上述数据得到接地引下线的性能测试结果。因此,本发明提供的接地引下线的性能测试方法与装置可以有效地模拟土壤条件,进行接地引下线柔性连接结构性能试验,填补了接地引下线的性能测试方法的空白,实现了接地引下线性能测试方法与装置的构建。该方法能够有效应对接地引下线的腐蚀行为,为电网灾害防止节约时间和经济成本,为电网系统规划提供科学的依据。

[0055] 根据本发明的实施例,基于测试需求,根据目标区域的平均地面沉降速度、待测接地引下线的预定使用时长和预定降落间隔时长,得到土壤试验箱在测试过程中的动态降落策略,包括:根据平均地面沉降速度和预定使用时长,得到目标降落高度;以及基于测试需求,根据目标降落高度和预定降落间隔时长,确定动态降落策略。

[0056] 根据本发明的实施例,目标降落高度可用ΔH表示,其代表所模拟的地面沉降量,可通过如下公式计算:

[0057] $\Delta H=Vs\times T$ (1)

[0058] 其中,Vs为实际接地网所在地的年均地面沉降速度,T为接地引下线的设计寿命。

[0059] 根据本发明的实施例,根据目标降落高度和柔性连接结构的变形量要求,确定土壤试验箱的起始高度和最终高度:

[0060] $\Delta H=H_0-Hs$ (2)

[0061] 其中,H_0为土壤试验箱的起始高度,Hs为土壤试验箱的最终高度。

[0062] 根据本发明的实施例,通过依据实际接地网所在地的年均地面沉降速度与实际所用接地引下线的设计寿命,计算得到目标降落高度,作为地面沉降量的模拟参数。目标降落高度作为该试验中的基础参数,该值的确定是十分重要的,而以实际目标区域的情况作为目标降落高度的计算来源,提高了动态降落策略的合理性和有效性,同时也提高了该性能测试方法的科学性。

[0063] 根据本发明的实施例,基于测试需求,根据目标降落高度和预定降落间隔时长,确定动态降落策略,包括:基于测试需求,确定第一测试时长;根据目标降落高度和第一测试时长,得到第一降落速度;根据第一测试时长和预定降落间隔时长,得到第一降落次数;以及根据目标降落高度、第一降落速度、第一降落次数和预定降落间隔时长,得到第一动态降落策略。

[0064] 根据本发明的实施例,当需要测试腐蚀性能时,第一测试时长Ts_1一般不小于12个月,也可以取Ts_1=6个月。

[0065] 根据本发明的实施例,根据目标降落高度和第一测试时长,得到第一降落速度,计算公式如下所示:

[0066] $Vt=\Delta H/Ts$ (3)

[0067] 其中,ΔH为目标降落高度,Ts为第一测试时长,Vt为第一降落速度。

[0068] 根据本发明的实施例,根据第一测试时长和预定降落间隔时长,得到第一降落次数,计算公式如下所示:

[0069] $N=Ts/\Delta t$ (4)

[0070] 其中,Ts为第一次测试时长,Δt为预定降落间隔时长,N为第一降落次数。

[0071] 根据本发明的实施例,基于试验测试需求,首先确定测试时长,再进而由测试时长得到包括降落速度,降落次数的动态降落策略。在具有耐腐蚀性能测试的试验中,由于腐蚀过程所需时间较长,为保证待测接地引下线性能测试模拟结果的科学性和合理性,首先确定半年期或一年期作为测试时长,以实现待测接地引下线的耐腐蚀性能测试,避免无效试验结果的出现。

[0072] 根据本发明的实施例,上述接地引下线的性能测试方法还包括:经过第一测试时长之后,对待测接地引下线进行腐蚀测试,得到腐蚀状态数据。

[0073] 根据本发明的实施例,采用总厚度法测量试样的腐蚀速度。

[0074] 当试样采用镀锌层时,其厚度测量采用镀锌层测厚仪测量。

[0075] 用千分尺测量腐蚀测试前试样各部位的厚度Am_0及腐蚀测试后试样的厚度Am_1;用镀锌层测厚仪测量腐蚀测试前各部位镀锌层的厚度Ag_0及腐蚀测试后试样镀锌层的厚度

Ag_1;用油性记号笔在试样的侧面标记测量位置,便于试验后测量相同位置的厚度变化。其中,测厚千分尺测量精度不低于1μm,镀锌层测厚仪测量精度不低于0.1μm。特别地,测试前,需要将待测接地引下线试样置于恒温环境中4小时后进行厚度测量,同样的,在腐蚀性能测试结束后仍需将待测接地引下线置于上述恒温环境进行厚度测量。恒温环境包括25±3℃的房间。

[0076] 试样的腐蚀速度计算公式如下所示:

[0077] $$V_{corr}=\frac{Am_0-Am_1}{Ts}\times 8760 \quad (5)$$

[0078] $$V_{corr}=\frac{Ag_0-Ag_1}{Ts}\times 8760 \quad (6)$$

[0079] 其中,V_{corr}表示腐蚀速度,Am_0表示腐蚀测试前用千分尺测得试样各部位的厚度,Am_1表示腐蚀测试后用千分尺测得试样各部位的厚度,Ag_0表示腐蚀测试前用镀锌层测厚仪测量各部位镀锌层的厚度,Ag_1表示腐蚀测试后用镀锌层测厚仪测量各部位镀锌层的厚度,Ts为测试时长。其中,Am_0、Am_1、Ag_0、Ag_1的单位为mm,Ts的单位为小时,V_{corr}的单位为mm/a。

[0080] 根据本发明的实施例,接地引下线的腐蚀速率V_{corr}合格判据包括:

[0081] 1年期镀锌钢腐蚀速率V_{corr}合格判据:当V_{corr}≤0.065mm/a时,腐蚀速率指标合格,当V_{corr}>0.065mm/a,腐蚀速率指标不合格。

[0082] 半年期镀锌钢腐蚀速率V_{corr}合格判据:当V_{corr}≤0.1mm/a时,腐蚀速率指标合格,当V_{corr}>0.1mm/a,腐蚀速率指标不合格。

[0083] 例如,在为期16周(3.69个月)的试验中,根据测得数据,按照公式(5)或公式(6)计算试样的腐蚀速度V_{corr},测量结果见表1。由表1中所示结果可知,腐蚀最严重部位的腐蚀速度为0.08727mm/a,小于0.1mm/a,该柔性连接结构的腐蚀速度指标合格。

[0084] 表1 腐蚀速度测量结果:

[0085]

位置(距离底部的距离,mm)	腐蚀速度(mm/a)
100	0.03676
200	0.07880
300	0.04458
400	0.03969
500	0.08727
600	0.06381
700	0.04002
800	0.04947
900	0.05501
1000	0.04132

[0086] 根据本发明的实施例,腐蚀性能测试结束后,按照《GB/T 16545-2015 金属和合金的腐蚀 腐蚀试样上腐蚀产物的清除》清洗试样表面的腐蚀产物,清洗试样后,观察试样表面腐蚀形貌。

[0087] 根据本发明的实施例,1年期试验后,试样腐蚀形貌不合格判据包括:

[0088] 1年期试验后,试样腐蚀形貌(肉眼观察或10倍放大镜下观察)出现以下情况为不合格:连接处断裂或出现深度超过0.1mm的裂纹;试样发生孔蚀,且最大孔深大于0.1mm;试

样表面出现裂纹,且最大孔深大于0.1mm。

[0089] 图4示出了根据本发明实施例的待测接地引下线柔性连接结构性能测试前后形貌示意图。

[0090] 如图4所示,测试前的待测接地引下线411为较明显的弯曲状态,在待测接地引下线在进行性能测试后,取出待测接地引下线,通过肉眼可以观察到,测试后的待测接地引下线412被拉伸一定长度,且试样完整,连接处无断裂。

[0091] 图5a、图5b、图5c及图5d表示试样不同位置表面清洗前后的光学显微镜照片。

[0092] 如图5a-图5d所示,试样按照上述方法腐蚀产物清洗后,在光学显微镜下放大观察可见,试样表面无裂纹、无孔蚀,试样腐蚀形貌指标合格。

[0093] 根据本发明的实施例,基于腐蚀性能的测试需求,在确定第一测试时长后,对待测接地引下线进行腐蚀测试,得到腐蚀状态数据。接地引下线在地面沉降的过程中,除了会受到拉力作用而伸展,还会受到地下土壤的应力腐蚀影响,导致接地引下线应力腐蚀断裂,进而导致输变电事故的发生,因此,接地引下线的腐蚀性能测试是至关重要的。对接地引下线进行腐蚀性能测试,了解其在不同土壤条件下的腐蚀情况,可以有效应对接地引下线的腐蚀行为。

[0094] 根据本发明的实施例,基于测试需求,根据目标降落高度和预定降落间隔时长,确定动态降落策略,包括:基于测试需求,确定每次降落高度;根据目标降落高度、每次降落高度和预定降落间隔时长,得到第二测试时长;根据第二测试时长和目标降落高度,得到第二降落速度;以及根据第二降落速度、每次降落高度、目标降落高度和预定降落间隔时长,得到第二动态降落策略。

[0095] 根据本发明的实施例,当无需进行腐蚀性能测试时,确定每次降落高度和预定降落间隔时长。

[0096] 定义土壤试验箱每次下降的高度为Δh,即每次降落高度为Δh。取Δh≤40mm,且0.01ΔH≤Δh≤0.1ΔH。定义相邻两次下降土壤试验箱之间的时间间隔称为Δt,即预定降落间隔时长为Δt,取Δt≧120 h。

[0097] 根据本发明的实施例,根据目标降落高度、每次降落高度和预定降落间隔时长,得到第二测试时长Ts_2,第二测试时长计算公式如下所示:

[0098] $$Ts = \frac{\Delta H}{\Delta h} \times \Delta t \qquad (7)$$

[0099] 其中,ΔH表示目标降落高度,Δh表示每次降落高度,Δt表示预定降落间隔时长,Ts表示第二测试时长。

[0100] 根据本发明的实施例,根据第二测试时长和目标降落高度,得到第二降落速度,计算公式与公式(3)相同,这里不再进行赘述。

[0101] 例如,第二动态策略如下所示:根据实际接地网所在地的年均地面沉降速度Vs、接地引下线的设计寿命T,确定地面沉降量ΔH。取年均地面沉降速度Vs=19-20mm/a,接地引下线的设计寿命T=20年,则地面沉降量ΔH大约为380-400mm。根据地面沉降量380-400mm和柔性连接结构至少80%的变形量要求,土壤试验箱的起始高度H_0可设为780-800mm和最终高度Hs可设为280-300mm。Δt不小于120小时,取Δt=168小时(1周),每次降落高度约23-25mm,由此确定第二测试时长Ts_2,本试验周期为16周。根据第二测试时长Ts_2和预定降落间隔时长

Δt确定土壤试验箱下降次数N和第二降落速度Vt,则每周下降一次,下降次数为16次。

[0102] 根据本发明的实施例,当无需进行腐蚀性能测试时,按照测试合理性和科学性的要求,定义每次降落高度,选取符合条件的参数范围,确定土壤试验箱每次降落高度。通过目标降落高度、每次降落高度和预定降落间隔时长,得到第二测试时长,随后根据第二测试时长和目标降落高度,确定第二降落速度。最后得到包括第二降落速度、每次降落高度、目标降落高度和预定降落间隔时长的第二动态降落策略。在第二动态降落策略中,由于无需进行腐蚀性能测试,测试时长可以依据实际情况进行减少,不必仍然要求测试时长为半年或一年,这会大大减少测试时间以及在测试中所消耗的人力与物力,相对快速地得到待测接地引下线的性能测试结果。依据不同测试需求,对动态降落策略进行合理性的参数调整,提高了该接地引下线性能测试方法的灵活性和科学性。

[0103] 根据本发明的实施例,通过处理多组第一端的拉力数据和待测接地引下线的伸长长度数据,得到接地引下线的性能测试结果;基于多组第一端的拉力数据和待测接地引下线的伸长长度数据,绘制得到待测接地引下线的拉伸曲线图;根据待测接地引下线的结构参数,计算得到目标伸长长度;从拉伸曲线图中查询到与目标伸长长度对应的目标拉力;以及根据目标拉力和地面沉降力,得到待测接地引下线的柔性指数。

[0104] 根据本发明的实施例,确定土壤试验箱每次降落高度Δh,降低土壤箱,并稳定一个预定降落间隔时长Δt。

[0105] 根据累积下降高度情况,决定是否结束地面沉降模拟测试。当土壤试验箱累积下降高度小于ΔH,出现土壤试验箱悬空,且在1个在沉降间隔时间Δt内仍然悬空时,试验终止,测量柔性连接结构的总伸长长度ΔL。当土壤试验箱累积下降高度等于ΔH,土壤试验箱仍未悬空,试验终止,此时柔性连接结构的总伸长长度ΔL=ΔH。

[0106] 根据本发明的实施例,确定土壤试验箱每次下降的高度,按照该参数降低土壤箱,并稳定一个沉降间隔时间Δt后,记录测力计读数。第i次沉降后读取的测力计读数记为F(i),i=1,…,N;同时记录试样的伸长量L(i)。试验完成后,以F(i)为纵轴,L(i)为横轴绘制得到待测接地引下线的拉伸曲线图。

[0107] 图6示出了根据本发明实施例的接地引下线柔性连接结构的拉伸曲线图。

[0108] 以图6为例对接地引下线柔性连接结构的拉伸曲线图进行分析,如图6所示,当伸长长度为0-150mm时,其所对应的拉力缓慢增长,当伸长长度大于150mm时,其所对应的拉力呈现急剧增长的态势,这一图像结果意味着伸长长度150mm为柔性连接结构柔性部分的最大伸长量。

[0109] 图7示出了根据本发明实施例的接地引下线柔性连接结构示意图。

[0110] 根据本发明的实施例,根据待测接地引下线700的结构参数,计算得到目标伸长长度。目标伸长长度为柔性连接结构完全伸展前后的伸长长度之差,即最大理论伸长量。

[0111] 如图7所示,柔性连接结构的初始长度为4R,全部伸展后的长度为2πR,则目标伸长长度=2(π-2)R。

[0112] 根据本发明的实施例,从图上求出L(i)=目标伸长长度时对应的$F_{0.8}$值,再根据下述公式计算柔性连接结构的柔性指数FI:

[0113] $$FI = \frac{F_{0.8}}{F_s} \quad (8)$$

[0114] 其中，$F_{0.8}$表示接地引下线的柔性部分伸展80%时所需要的拉力(单位:N)，Fs为由于地面沉降施加在接地引下线上的地面沉降力(单位:N)。

[0115] 根据本发明的实施例，接地引下线柔性连接结构柔性性能合格判据包括：

[0116] 柔性指数FI合格判据:FI<1时，柔性合格;FI≥1时，柔性不合格。

[0117] 以柔性指数FI为例，描述上述判断与计算过程。图6为R=60mm的柔性连接结构的拉伸曲线图，该柔性连接结构的初始长度为4R=240mm，全部伸展后的长度为2πR=376.8mm，目标伸长长度=2(π-2)R=136.8mm。由136.8mm从图6中得到对应的$F_{0.8}$值，因此，根据图6得到$F_{0.8}$=161.4kg，根据有限元模拟计算取Fs=4284kg。由公式(8)计算得到:FI=0.04。

[0118] 因此，地面沉降时因地面沉降作用在接地引下线上的力远大于柔性连接结构伸长所需要的拉力，柔性连接结构会随地面沉降而伸长，FI<1，柔性连接结构的柔性指数指标合格。

[0119] 根据本发明的实施例，通过处理多组第一端的拉力数据和待测接地引下线的伸长长度数据，得到接地引下线的性能测试结果。测量多组数据，符合性能测试试验的基本要求，因此接地引下线的性能测试方法满足试验可靠性的要求，并能得到符合普适性规律的试验数据与结果。由拉力数据和伸长长度数据，绘制得到待测接地引下线的拉伸曲线图，通过所得拉伸曲线图，能够快速和准确地确定与目标伸长长度对应的目标拉力，同时直观地获取待测接地引下线在测试时的拉力和伸长长度的变化过程和变化趋势。根据目标拉力和地面沉降力，计算得到待测接地引下线的柔性指数，柔性指数以接地引下线所受到的拉力为出发点进行定义，具备作为判断柔性性能的基础。通过所得柔性指数，能够快速对待测接地引下线的柔性性能进行判断。

[0120] 根据本发明的实施例，上述性能测试方法还包括:根据待测接地引下线在地面沉降力作用下产生的伸长长度与目标伸长长度，得到待测接地引下线的柔性度。

[0121] 接地引下线柔性连接结构的柔性度FL计算公式如下：

[0122] $$FL=\frac{\Delta L}{TL} \tag{9}$$

[0123] 其中，ΔL为柔性连接结构在沉降力作用下在试验中的伸长量，即伸长长度(单位:m)，TL为柔性连接结构的柔性部分的最大伸长量，即目标伸长长度(单位:m)。

[0124] 根据本发明的实施例，接地引下线柔性连接结构柔性性能合格判据包括：

[0125] 柔性度FL合格判据:FL≥0.8时，柔性合格;FL<0.8时，柔性不合格。

[0126] 根据本发明的实施例，通过待测接地引下线在地面沉降力作用下产生的伸长长度与目标伸长长度这两个参数，计算得到待测接地引下线的柔性度，柔性度以接地引下线受到拉力后产生的伸长量为出发点进行定义，具备作为判断柔性性能的基础。通过所得柔性度，能够快速对待测接地引下线的柔性性能进行判断。

[0127] 根据本发明的实施例，基于上述接地引下线的性能测试方法，本发明还提供了一种用于上述方法的接地引下线的性能测试装置，包括:横梁，横梁通过第一固定件连接待测接地引下线的第一端;土壤试验箱，土壤试验箱的底部内壁通过第二固定件连接待测接地引下线的第二端;牵引机构，牵引机构的一端连接在横梁上，牵引机构的另一端连接在土壤试验箱的侧壁上，用于控制土壤试验箱降落;第一固定件上设置测力计，用于在土壤试验箱降落的过程中测量第一端的拉力。

[0128] 图8示出了根据本发明实施例的接地引下线的性能测试装置的示意图。

[0129] 如图8所示,该性能测试装置800包括横梁801,土壤试验箱816,牵引机构807,第二测力计815,第一固定件817,第二固定件818。

[0130] 根据本发明的实施例,固定件806包括第一固定件817和第二固定件818。第一固定件817、第二固定件818可以是螺栓、螺柱、螺钉、螺母等。第一固定件817与横梁801焊接连接,第二固定件818与土壤试验箱816底部焊接连接。

[0131] 根据本发明的实施例,第二测力计815量程为5t-8t,精度为1kg,与第一固定件817通过螺栓连接,用于测试拉力值。

[0132] 根据本发明的实施例,接地引下线柔性连接结构814包括上端连接件820和下端连接件819,接地引下线柔性连接结构814可以是圆形材料和方形材料,上端连接件820和下端连接件819可以是方形材料。当接地引下线柔性连接结构814使用圆形材料时,可以在结构两端焊接方形材料,在方形材料上打孔,上方固定在第二测力计815上,下方固定在第二固定件818上。

[0133] 根据本发明的实施例,横梁801通过第一固定件817连接第二测力计815,接地引下线柔性连接结构814第一端连接至第二测力计815上,接地引下线柔性连接结构814第二端连接至土壤试验箱816的底部内壁的第二固定件818上。

[0134] 图9示出了根据本发明实施例的接地引下线的性能测试装置中土壤试验箱支架和下固定件示意图。

[0135] 根据本发明的实施例,根据沉降量和接地引下线柔性连接结构,确定接地引下线柔性连接结构的固定位置,当第一固定件817与横梁801焊接连接,当第二固定件818与土壤试验箱816底部横向支架焊接连接时,可根据柔性连接结构选取合适的焊接位置。特别地,如图9所示,第二固定件818的侧面902需要保证与测力计下固定孔侧面在一条垂线上,第二固定件818固定在土壤试验箱816底部横向支架901上,侧面开双孔,负责固定接地引下线柔性连接结构。

[0136] 根据本发明的实施例,牵引机构807包括不同量程的手拉葫芦。如图8所示,牵引机构807为两个5t-8t量程的HSZ-T型手拉葫芦,牵引机构807通过控制链条达到上调和下降的目的,用于控制土壤试验箱816降落。牵引机构807通过连接装置将其一端连接在横梁上,另一端连接在土壤试验箱816的侧壁上。

[0137] 根据本发明的实施例,在用于上述方法的接地引下线的性能测试装置中,分别在横梁和土壤试验箱的底部内壁固定连接待测接地引下线的两端,能够有效模拟接地引下线的地面土壤环境,实现接地引下线的性能测试。在该装置中设置牵引机构,控制土壤试验箱的降落,能够有效模拟地面沉降环境,实现接地引下线的性能测试。在第一固定件上设置测力计,能够准确测得在土壤试验箱降落的过程中待测接地引下线第一端受到的拉力。上述试验装置构件的设置,实现地面沉降过程的真实模拟以及对接地引下线的性能的有效分析。

[0138] 根据本发明的实施例,在接地引下线的性能测试装置中,横梁上设置第一吊耳;土壤试验箱的侧壁上设置第二吊耳;牵引机构的一端与第一吊耳连接;牵引机构的另一端与第二吊耳连接。

[0139] 如图8所示,牵引机构807通过上吊耳809将其一端连接在横梁801上,上吊耳809与横梁801的连接方式为焊接。牵引机构807通过侧吊耳808将另一端连接在土壤试验箱816的

侧壁上,侧吊耳808与土壤试验箱816的侧壁的连接方式也为焊接。

[0140] 例如,当牵引机构807为手拉葫芦时,上吊耳809即手拉葫芦上挂钩所在的部位,侧吊耳808即手拉葫芦下挂钩所在的部位。

[0141] 根据本发明的实施例,通过在横梁上设置上吊耳,在土壤试验箱的侧壁上设置侧吊耳,实现横梁、牵引机构及土壤试验箱的灵活连接,吊耳的设置使得上述构件之间易于连接和解除,且有助于牵引机构的使用。

[0142] 根据本发明的实施例,装置还包括:支架,设置在横梁的两端,用于支撑横梁;底座,与支架固定连接;多个垫片,活动设置在土壤试验箱与底座之间;其中,每个垫片的厚度小于或等于土壤试验箱每次的降落高度。

[0143] 根据本发明的实施例,支架包括承重三角支架和承重垂直支架。如图8所示,该性能测试装置800还包括承重三角支架803,承重垂直支架804,承重底座805以及垫片810。其中,承重三角支架803均焊接在承重垂直支架804上,承重底座805与承重三角支架803,承重垂直支架804固定连接,且与横梁801同步。

[0144] 根据本发明的实施例,垫片810可在土壤试验箱与底座之间自由、轻松抽取,插入,用于调整土壤试验箱的下降高度。垫片810厚度可以是2mm、3mm、5mm的钢板。

[0145] 根据本发明的实施例,在接地引下线的性能测试装置中,设置支架和底座,保证整个装置的稳定性。多个垫片活动设置在土壤试验箱与底座之间,能够快速,方便地调整土壤试验箱的下降高度,同时对土壤试验箱起到一定的支撑作用。

[0146] 根据本发明的实施例,该性能测试装置800还包括镀锌螺栓802,土壤试验箱的内壁811,上下连接焊片812,标尺813。其中,镀锌螺栓802负责固定连接上下连接焊片812,上下连接焊片812包括上连接片和下连接片,上连接片焊接在横梁801上,下连接片焊接在承重垂直支架804上。标尺813设置在横梁801上,用于测量土壤试验箱高度位置,标尺813包括圆型刻度尺,能够精确观测下降高度。

[0147] 根据本发明的实施例,根据接地引下线柔性连接结构的几何尺寸、土壤试验箱的重量、土壤类型,确定土壤试验箱的几何尺寸以及试验装置的其它构件的尺寸。

[0148] 例如,待测试的柔性连接结构由30mm宽、4mm厚的镀锌钢制成,其柔性部分长度L_0=4R(R=60mm),土壤试验箱重量选择4.4t,回填土密度为1800kg/m^3,土壤试验箱的尺寸为1.4-1.6m长、1.4-1.6m宽、1.4-1.6m高。参照上述参数,确定土壤试验箱的几何尺寸以及试验装置的其它构件的尺寸,具体参数如下所示。

[0149] 横梁801可选长度为300-500cm的工字钢。承重垂直支架804高度可以是300-500cm。承重底座805尺寸可以为宽300-500cm、长300-500cm,且与承重横梁801同步。土壤试验箱的内壁811板材的规格可以是2cm-5cm厚的PVC板,其围成尺寸长140cm-160cm、宽140cm-160cm、高140-160cm的内部空间。可用于精确观测下降高度的标尺813的量程可取200cm-250cm,精确度为1mm。根据土壤试验箱的重量,可以选择量程5t和测量精度1kg的测力计和量程5t和最小下调高度1mm的手拉葫芦。

[0150] 根据本发明的实施例,根据上述装置,按照试验方法开始试验。把土壤试验箱放置在地面上,把接地引下线柔性连接结构第二端连接在土壤试验箱的第二固定件上,根据相关回填土的填土要求进行填土。使用牵引机构把土壤试验箱升高到大于起始高度1cm以上,垫片放置在土壤试验箱下方,下调土壤试验箱到起始高度。接地引下线柔性连接结构第一

端固定在测力计的下固定孔。按照动态降落策略进行试验,试验周期结束后,拆掉测力计下固定孔的接地引下线柔性连接结构,下调土壤试验箱至地面,取出回填土,拆掉第二固定件上的接地引下线柔性连接结构。清洗试样,观察试样表面腐蚀形貌,测量试样的厚度,计算试样的腐蚀速度V_{corr},判断该试样腐蚀性能是否合格。根据测得拉力数据和伸长长度数据进行柔性指数和柔性度的计算,判断该试样柔性性能是否合格。根据试验结果评价接地引下线柔性连接结构的性能,例如,所试验的接地引下线柔性连接结果柔性指数指标合格、腐蚀速度指标合格、腐蚀形貌指标合格。

[0151] 本领域技术人员可以理解,本发明的各个实施例和/或权利要求中记载的特征可以进行多种组合或/或结合,即使这样的组合或结合没有明确记载于本发明中。特别地,在不脱离本发明精神和教导的情况下,本发明的各个实施例和/或权利要求中记载的特征可以进行多种组合和/或结合。所有这些组合和/或结合均落入本发明的范围。

[0152] 以上对本发明的实施例进行了描述。但是,这些实施例仅仅是为了说明的目的,而并非为了限制本发明的范围。尽管在以上分别描述了各实施例,但是这并不意味着各个实施例中的措施不能有利地结合使用。不脱离本发明的范围,本领域技术人员可以做出多种替代和修改,这些替代和修改都应落在本发明的范围之内。

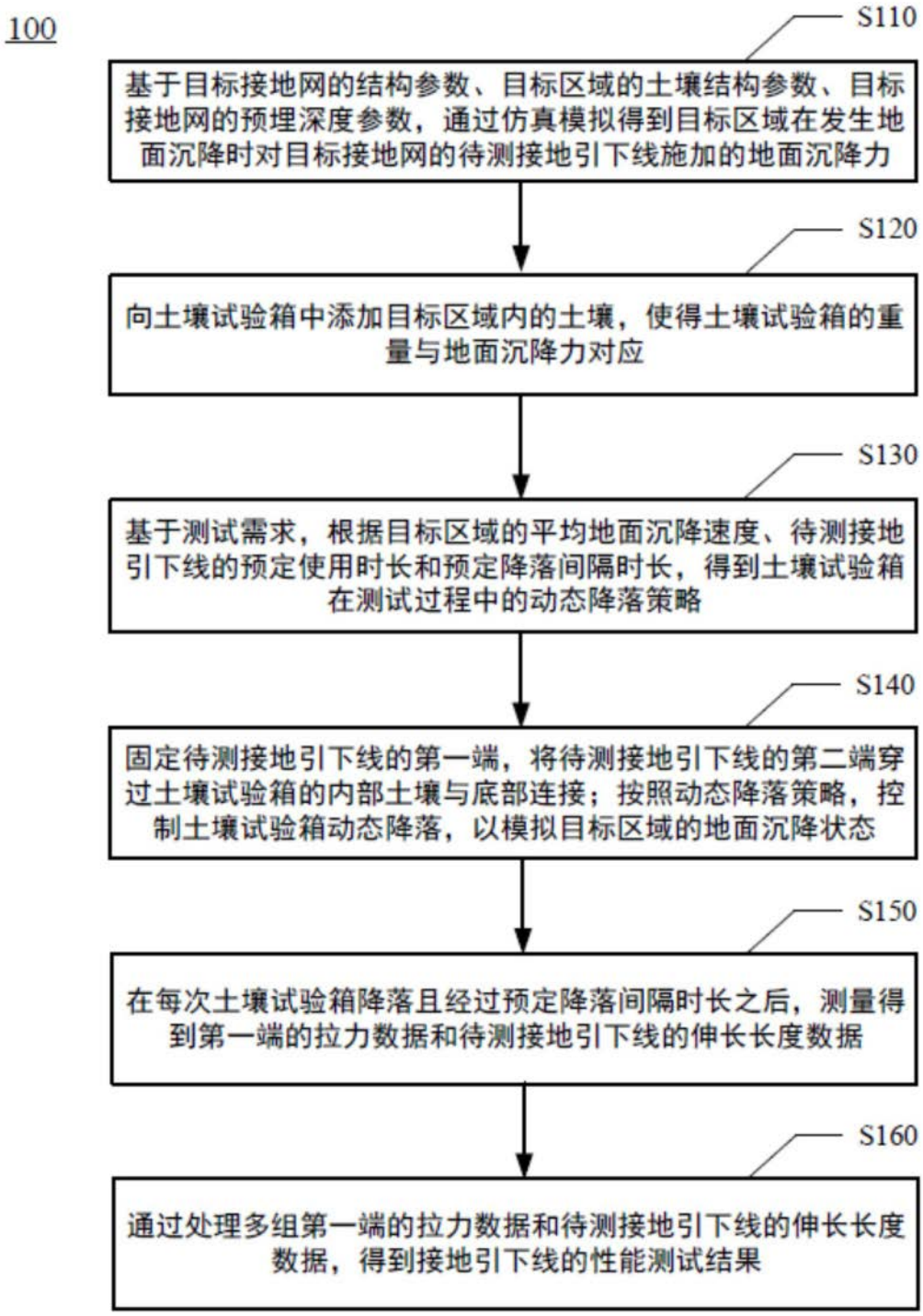

100
S110
基于目标接地网的结构参数、目标区域的土壤结构参数、目标接地网的预埋深度参数，通过仿真模拟得到目标区域在发生地面沉降时对目标接地网的待测接地引下线施加的地面沉降力
S120
向土壤试验箱中添加目标区域内的土壤，使得土壤试验箱的重量与地面沉降力对应
S130
基于测试需求，根据目标区域的平均地面沉降速度、待测接地引下线的预定使用时长和预定降落间隔时长，得到土壤试验箱在测试过程中的动态降落策略
S140
固定待测接地引下线的第一端，将待测接地引下线的第二端穿过土壤试验箱的内部土壤与底部连接；按照动态降落策略，控制土壤试验箱动态降落，以模拟目标区域的地面沉降状态
S150
在每次土壤试验箱降落且经过预定降落间隔时长之后，测量得到第一端的拉力数据和待测接地引下线的伸长长度数据
S160
通过处理多组第一端的拉力数据和待测接地引下线的伸长长度数据，得到接地引下线的性能测试结果

图1

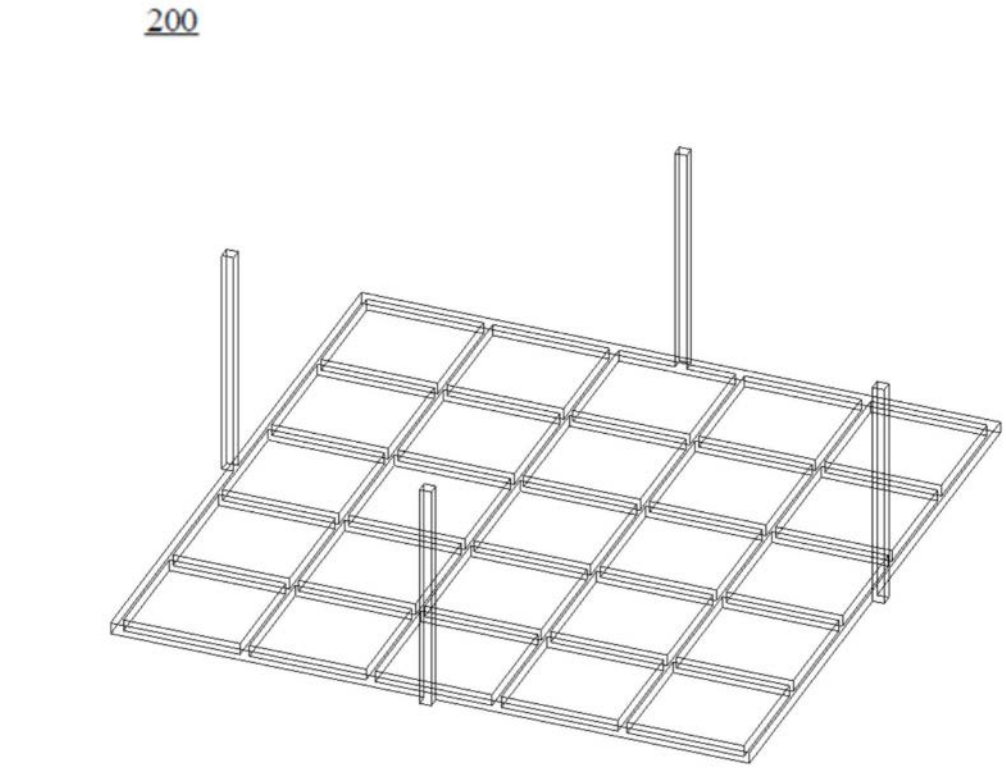


图2

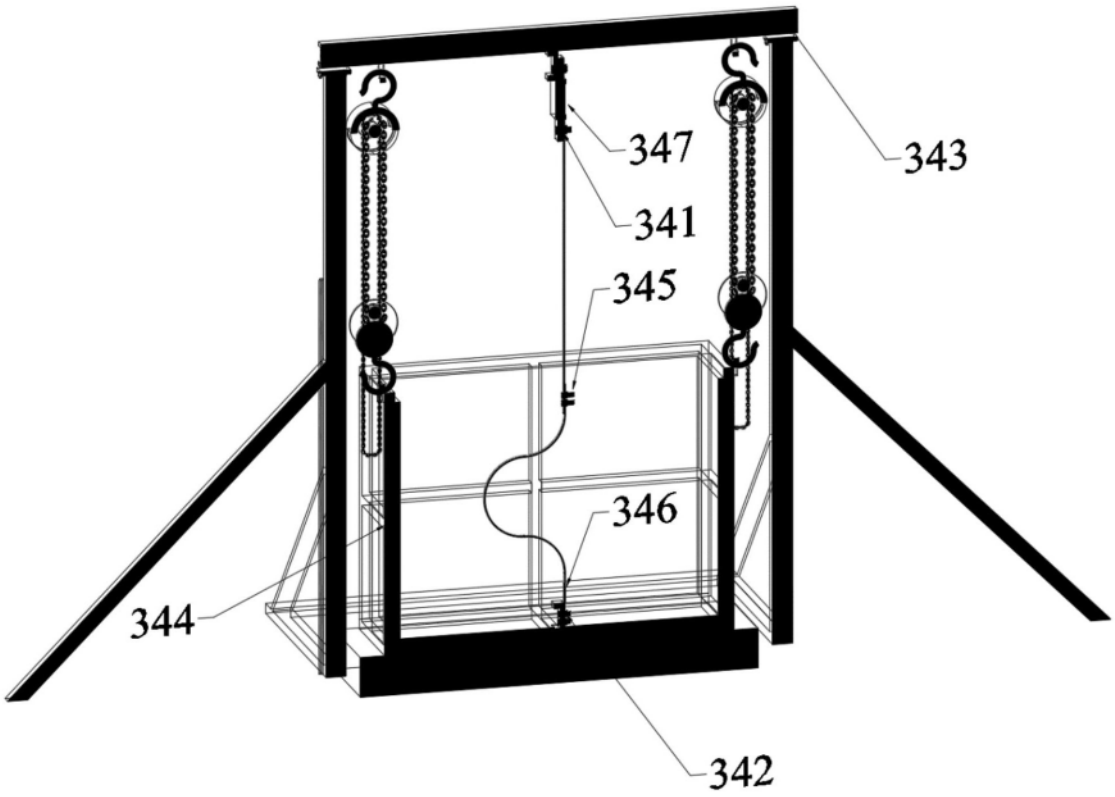


图3

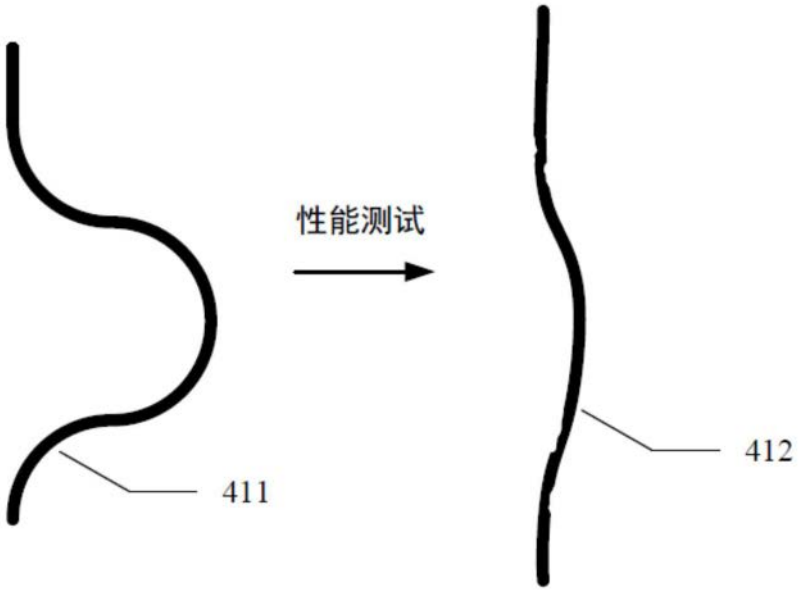


图4

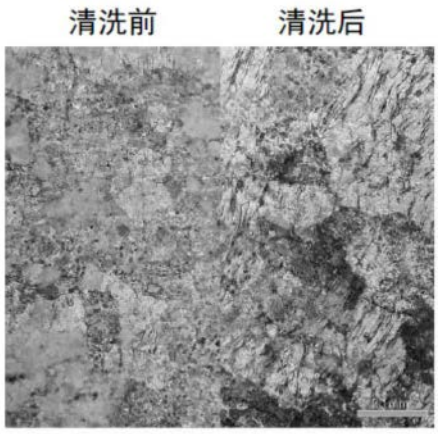


图5a

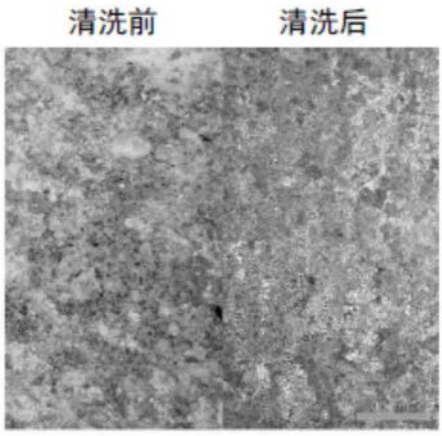


图5b

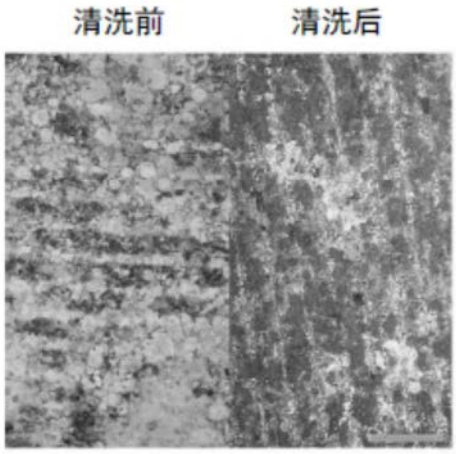


图5c

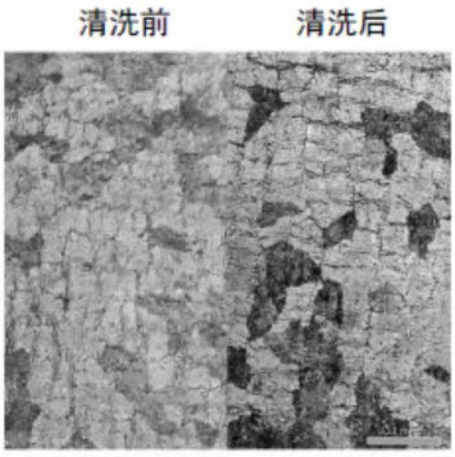


图5d

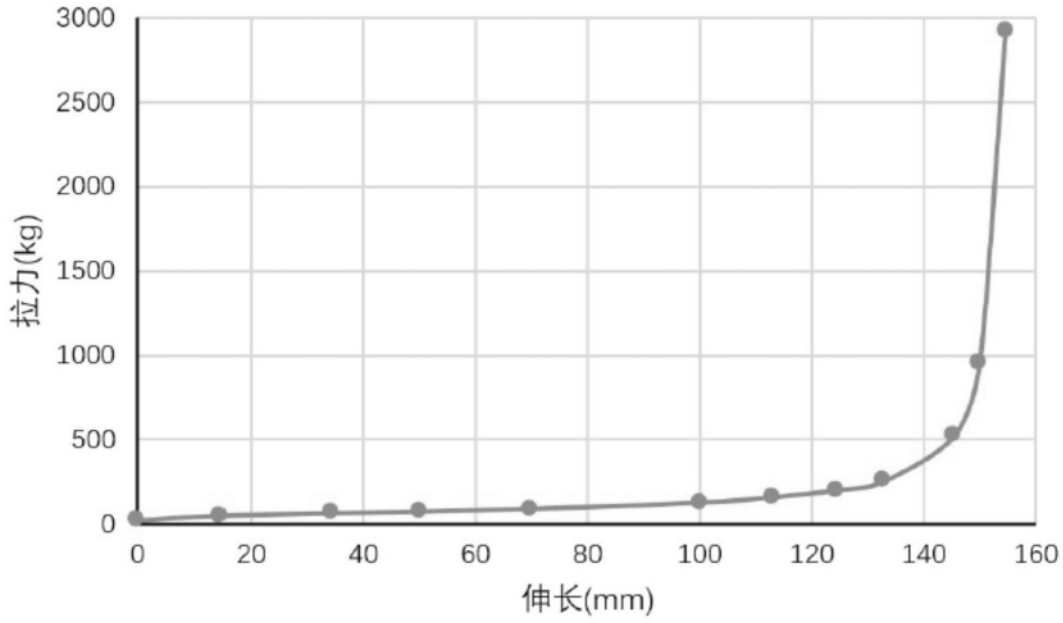

3000
2500
2000
1500
1000
500
0
拉力(kg)
0
20
40
60
80
100
120
140
160
伸长(mm)

图6

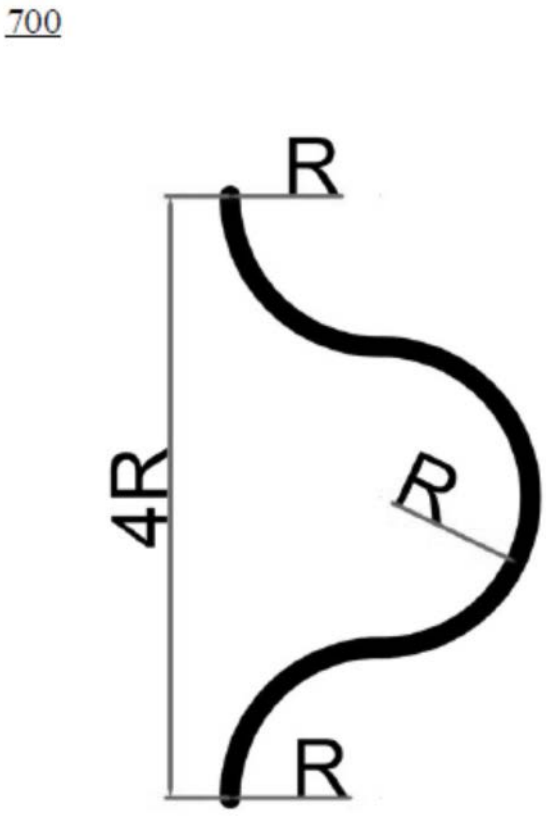

700
R
4R
R
R

图7

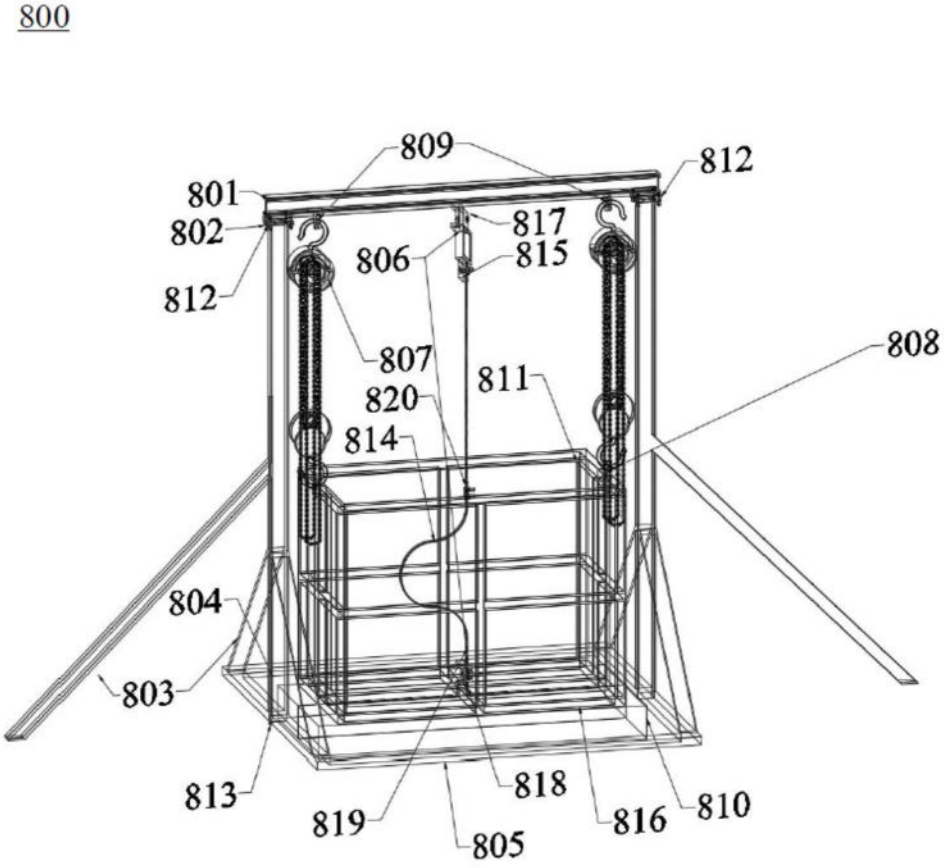

800
809
812
801
802
817
806
815
812
807
808
811
820
814
804
803
813
818
819
816
810
805

图8

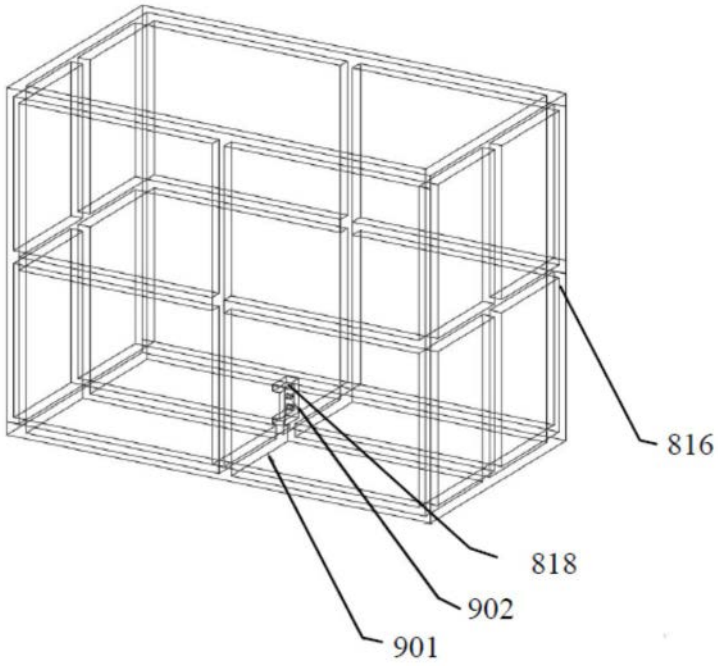

816
818
902
901

图9