



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 219638978 U

(45) 授权公告日 2023. 09. 05

(21) 申请号 202321196693.7

E04H 12/34 (2006.01)

(22) 申请日 2023.05.17

E04B 1/92 (2006.01)

(73) 专利权人 湖南大学

E04G 21/12 (2006.01)

地址 410000 湖南省长沙市岳麓区麓山南路1号

E04G 21/14 (2006.01)

(72) 发明人 邵旭东 华旭刚 冯家辉 曹君辉 张宁

(74) 专利代理机构 长沙朕扬知识产权代理事务所(普通合伙) 43213

专利代理师 钱朝辉

(51) Int. Cl.

F03D 13/20 (2016.01)

F03D 13/10 (2016.01)

E04H 12/12 (2006.01)

E04H 12/22 (2006.01)

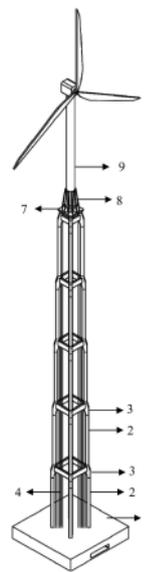
权利要求书1页 说明书8页 附图14页

(54) 实用新型名称

一种基于UHPC的带地锚束的风电塔架

(57) 摘要

本实用新型公开了一种基于UHPC的带地锚束的风电塔架,包括多层上下堆叠设置的UHPC塔柱节段,上下相邻UHPC塔柱节段之间通过塔柱过渡段连接;UHPC塔柱节段包括多根UHPC塔柱单元,塔柱过渡段包括多根UHPC过渡段与多根横向联系构件,上下相邻UHPC塔柱单元通过UHPC过渡段连接;风电塔架还包括多根已施加预应力的地锚束。本实用新型的风电塔架结构在地锚束的作用下,UHPC塔柱处于较高压应力状态,可充分发挥UHPC高抗压强度的优势,提高了其受力性能。采用UHPC为主体材料的框架式塔柱结构,更大的刚度和抗风稳定性,自重低,高度可更高,耐疲劳和耐久性好。



1. 一种基于UHPC的带地锚束的风电塔架,其特征在于,包括多层上下堆叠设置的UHPC塔柱节段(2),上下相邻所述UHPC塔柱节段(2)之间通过塔柱过渡段(3)连接;所述UHPC塔柱节段(2)包括多根围绕风电塔架的竖向中心线分布的UHPC塔柱单元(201),所述塔柱过渡段(3)包括多根UHPC过渡段(301)与多根用于将所述UHPC过渡段(301)连接成一整体的横向联系构件,上下相邻所述UHPC塔柱单元(201)通过UHPC过渡段(301)连接;所述风电塔架还包括多根已施加预应力的地锚束(4),所述地锚束(4)设于所述UHPC塔柱节段(2)和/或塔柱过渡段(3)与地面基础(1)之间。

2. 根据权利要求1所述的风电塔架,其特征在于,所述地锚束(4)设于所述塔柱过渡段(3)与地面基础(1)之间,所述横向联系构件包括多根横梁(302),相邻设置的所述UHPC过渡段(301)之间通过横梁(302)连接,所述地锚束(4)设于所述横梁(302)与地面基础(1)之间。

3. 根据权利要求2所述的风电塔架,其特征在于,包括最上层在内的多个所述塔柱过渡段(3)的横梁(302)与地面基础(1)之间张拉设有垂直于地面基础(1)设置的地锚束(4),且所述地锚束(4)的上端与所述横梁(302)锚固时的锚固位置位于所述横梁(302)靠近UHPC过渡段(301)的一端。

4. 根据权利要求1所述的风电塔架,其特征在于,所述地面基础(1)为一设有内部空腔的空腔式基础,所述垂直地锚束(4)的一端锚固于空腔式基础的内部空腔中,另一端锚固于所述塔柱过渡段(3)的上表面。

5. 根据权利要求1-4中任一项所述的风电塔架,其特征在于,位于风电塔架上方的所述UHPC塔柱节段(2)的横截面小于位于风电塔架下方的所述UHPC塔柱节段(2)的横截面,所述塔柱过渡段(3)的横截面大小与其相邻的所述UHPC塔柱节段(2)的横截面大小相匹配。

6. 根据权利要求5所述的风电塔架,其特征在于,所述UHPC塔柱单元(201)均竖直设置,单独每个所述UHPC塔柱节段(2)的横截面大小由下至上保持相同,所述UHPC过渡段(301)的上下两端也竖直设置,由下至上设置的UHPC塔柱节段(2)的横截面大小逐步变小,多个所述UHPC塔柱节段(2)通过塔柱过渡段(3)连接而成的整体结构的横截面大小由下至上逐步变小。

7. 根据权利要求5所述的风电塔架,其特征在于,所述UHPC塔柱单元(201)均向内倾斜设置,每个所述UHPC塔柱节段(2)的横截面大小均由下至上依次变小,所述UHPC过渡段(301)也均向内倾斜设置,多个所述UHPC塔柱节段(2)通过塔柱过渡段(3)连接而成的整体结构的横截面大小由下至上依次变小。

8. 根据权利要求1-4中任一项所述的风电塔架,其特征在于,所述UHPC塔柱单元(201)和所述UHPC过渡段(301)为预制空心箱形截面构件,所述UHPC塔柱单元(201)和所述UHPC过渡段(301)之间通过法兰结构(6)连接,所述横向联系构件为预制的UHPC空心箱形截面构件或钢桁架结构。

9. 根据权利要求1-4中任一项所述的风电塔架,其特征在于,最上层的UHPC塔柱节段(2)顶部也设置有塔柱过渡段(3),最上层的所述塔柱过渡段(3)的上部通过法兰结构(6)安装有钢转段(7),所述钢转段(7)上通过一带锥形板的套筒(8)安装有塔筒(9),所述塔筒(9)顶部距离地面基础(1)的距离大于200m。

一种基于UHPC的带地锚束的风电塔架

技术领域

[0001] 本实用新型属于风力发电技术领域,尤其涉及一种风力发电塔。

背景技术

[0002] 目前,风电单机容量已经达到10MW以上,随着科技的进步,更大容量的风机正在被研发制造。但是大容量风机作用在塔架上的重量也会显著增加,因而要求塔架具备更高的强度和更大的刚度。同时,叶轮的大型化也要求更高的风电塔高度,且对于位于低风速区的陆上风电塔而言,增加轮毂高度才能充分利用最佳的风能条件。

[0003] 现有技术中通常采用常规混凝土或钢材来建造风电塔架。对于常规混凝土塔柱,因其自重太大,当塔高过高时,变得难以施工,或者吊装重量飙升,造价无法承受,此时风电塔架的高度难以满足要求。对于常规钢塔柱,当塔柱过高时,往往满足了强度要求却满足不了刚度要求,若增大截面尺寸,造价也将飙升,此外,钢塔存在疲劳和耐久性问题,运维费用高。由上可知,现有技术中的风电塔架难以同时满足高度、强度和刚度的要求,尤其是在高度方面,受到材料特性和稳定性等限制,目前风电塔的轮毂高度未能突破200米的瓶颈。

实用新型内容

[0004] 本实用新型所要解决的技术问题是:如何利用UHPC新材料,构建新的风电塔架结构,以克服以上背景技术中提到的不足和缺陷。本实用新型提供一种具备塔架高度高、稳定性好、耐疲劳和耐久性好等优势基于UHPC的带地锚束的风电塔架。为解决上述技术问题,本实用新型提出的技术方案为:

[0005] 一种基于UHPC的带地锚束的风电塔架,包括多层上下堆叠设置的UHPC塔柱节段,上下相邻所述UHPC塔柱节段之间通过塔柱过渡段连接;所述UHPC塔柱节段包括多根围绕风电塔架的竖向中心线分布的UHPC塔柱单元,所述塔柱过渡段包括多根UHPC过渡段与多根用于将所述UHPC过渡段连接成一整体的横向联系构件,上下相邻所述UHPC塔柱单元通过UHPC过渡段连接;所述风电塔架还包括多根已施加预应力的地锚束,所述地锚束设于所述UHPC塔柱节段和/或塔柱过渡段与地面基础之间。上述地锚束设于所述UHPC塔柱节段和/或塔柱过渡段与地面基础之间是指:地锚束设于UHPC塔柱节段与地面基础之间,且设于塔柱过渡段与地面基础之间;或者,地锚束设于UHPC塔柱节段与地面基础之间,或设于塔柱过渡段与地面基础之间。

[0006] 上述风电塔架中,优选的,所述地锚束设于所述塔柱过渡段与地面基础之间,所述横向联系构件包括多根横梁,相邻设置的所述UHPC过渡段之间通过横梁连接,所述地锚束设于所述横梁与地面基础之间。同一横向联系构件的横梁位于同一平面上。通过设置横梁,可以确保尺寸较小且压力轴线变化的UHPC塔柱节段的稳定性,同时为强风作用下的整体塔架结构提供大的抗扭刚度。地锚束的两端均可张拉,分别锚固于横梁和地面基础,可以确保结构稳定性。为了进一步提高风电塔架的结构稳定性,除了设置横梁,还可在相邻设置的横梁之间设置水平布置的横联,横联与地面基础之间也可设置地锚束。

[0007] 上述风电塔架中,优选的,包括最上层在内的多个所述塔柱过渡段的横梁与地面基础之间张拉设有垂直于地面基础设置的地锚束,且所述地锚束的上端与所述横梁锚固时的锚固位置位于所述横梁靠近UHPC过渡段的一端。更优选的,地锚束垂直张拉,每个所述塔柱过渡段与地面基础之间张拉的垂直地锚束的数量为所述横梁的两倍,即每根横梁两端均张拉设置地锚束。

[0008] 上述风电塔架中,优选的,所述地面基础为一设有内部空腔的空腔式基础,所述垂直地锚束的一端锚固于空腔式基础的内部空腔中,另一端锚固于所述塔柱过渡段的上表面。通过设置内部空腔,方便地锚束张拉和检查维护。

[0009] 本实用新型中,地锚束可采用常规的预应力钢丝或钢绞线,也可采用碳纤维预应力束。在每层横梁的锚固数量不少于八束,沿风电塔架的竖向中心线对称布置。通过在塔架高度方向张拉地锚束使得UHPC塔柱长期处于较高的压应力状态(UHPC设计强度允许范围内),充分利用其超高的抗压强度,避免了UHPC塔柱出现大的拉应力导致受拉开裂,UHPC塔柱节段之间的连接更加稳定和牢固,并保证风电塔架在强风作用下的整体稳定性,具有自复位能力,避免因风荷载引起的结构疲劳损伤的问题。相比现有技术,在混凝土塔柱内施加体外或体内预应力,本实用新型采用垂直地锚束,不仅可起到对UHPC塔柱节段施加体外预应力的作用,而且垂直地锚束可使得塔架结构在强风中具有自复位功能,确保其不倒塌。

[0010] 上述风电塔架中,优选的,位于风电塔架上方的所述UHPC塔柱节段的横截面小于位于风电塔架下方的所述UHPC塔柱节段的横截面,所述塔柱过渡段的横截面大小与其相邻的所述UHPC塔柱节段的横截面大小相匹配。上述UHPC塔柱节段的横截面是指多根UHPC塔柱单元在同一平面上各相邻UHPC塔柱单元中心连线围成的平面,塔柱过渡段的横截面是指多根UHPC过渡段在同一平面上各相邻UHPC过渡段中心连线围成的平面。

[0011] 上述风电塔架中,优选的,所述UHPC塔柱单元均竖直设置,单独每个所述UHPC塔柱节段的横截面大小由下至上保持相同,所述UHPC过渡段的上下两端也竖直设置,由下至上设置的UHPC塔柱节段的横截面大小逐步变小,多个所述UHPC塔柱节段通过塔柱过渡段连接而成的整体结构的横截面大小由下至上逐步变小。

[0012] 上述风电塔架中,优选的,所述UHPC塔柱单元均向内倾斜设置,每个所述UHPC塔柱节段的横截面大小均由下至上依次变小,所述UHPC过渡段也均向内倾斜设置,多个所述UHPC塔柱节段通过塔柱过渡段连接而成的整体结构的横截面大小由下至上依次变小。

[0013] 本实用新型的UHPC塔柱节段沿高度方向采用变截面形式,UHPC塔柱节段为主要承压构件,塔架底部承受的压力较大,底部的UHPC塔柱节段截面尺寸最大,随着风电塔架高度的增长,UHPC塔柱节段承受的压力逐渐减小,UHPC塔柱节段的截面逐渐减小,结构整体具有更高的稳定性,自重更低,造价更省。更优选的方案中,使每个所述UHPC塔柱节段的横截面大小由下至上保持相同,由下至上设置的UHPC塔柱节段的横截面大小逐步变小,这样施工更加方便。

[0014] 上述风电塔架中,优选的,所述UHPC塔柱单元和所述UHPC过渡段为预制空心箱形截面构件,所述UHPC塔柱单元和所述UHPC过渡段之间通过法兰结构连接,所述横向联系构件为预制的UHPC空心箱形截面构件或钢桁架结构。UHPC塔柱单元和UHPC过渡段截面形式可选用箱形、矩形或者圆形,优选的箱形截面具有很大的抗弯惯性矩以及抗扭惯性矩,可以很好地抵抗轴压力和弯矩。由于本实用新型的风电塔架结构高度大,UHPC塔柱单元和UHPC过

渡段为预制节段构件,UHPC塔柱单元和UHPC过渡段之间可通过法兰结构连接,可以便于施工。横梁为薄型构件,由于横梁是次要受力构件,所以可以采用空心的UHPC箱梁,或者采用较小截面尺寸的钢结构形成钢桁架,减轻自重,方便连接。横梁在相应位置开设有地锚束预留孔。

[0015] 上述风电塔架中,优选的,最上层的UHPC塔柱节段顶部也设置有塔柱过渡段,最上层的所述塔柱过渡段的上部通过法兰结构安装有钢转段,所述钢转段上通过一带锥形板的套筒安装有塔筒,所述塔筒顶部距离地面基础的距离大于200m。上述塔筒可为空心圆柱形的UHPC结构或者钢结构,塔筒的竖向中心线与风电塔架的竖向中心线重合。塔筒的安装方式不限,如在最上层的塔柱过渡段顶部安装钢转段,通过带锥形板的套筒将塔筒安装于钢转板上。最终在塔筒顶端安装风力发电机组和叶轮。现有技术中,一般轮毂高度过大,风电塔架的稳定性不高,但本实用新型中,通过结构优化,风电塔架的结构允许轮毂高度大于200m(更优选为200-300m)。

[0016] 本实用新型还提供一种如上述的基于UHPC的带地锚束的UHPC风电塔架的施工方法,包括以下步骤:

[0017] S1:在工厂预制所述UHPC塔柱单元,预制或组装所述塔柱过渡段;

[0018] S2:施工地面基础,将下方第一层(是指最下方的一层)的UHPC塔柱节段中的多个UHPC塔柱单元吊装至地面基础上并安装固定,再将下方第一层的塔柱过渡段通过其UHPC过渡段与其下方的UHPC塔柱单元连接而安装于上述下方第一层的UHPC塔柱节段上形成一整体,并在塔柱过渡段与地面基础之间张拉地锚束;

[0019] S3:再将下方第二层的UHPC塔柱节段中的多个UHPC塔柱单元吊装至下方第一层的塔柱过渡段上,通过塔柱过渡段的UHPC过渡段与其上方的UHPC塔柱单元的连接而安装固定,再将下方第二层的塔柱过渡段通过其UHPC过渡段与其下方的UHPC塔柱单元连接而安装于上述下方第二层的UHPC塔柱节段上形成一整体,并在塔柱过渡段与地面基础之间张拉地锚束;

[0020] S4:重复步骤S3,直至完成最上层的塔柱过渡段的安装,再在最上层的塔柱过渡段上安装附属件及塔筒,完成施工。

[0021] UHPC具有卓越的抗压强度、抗拉强度,同等荷载条件下,UHPC结构的截面尺寸远小于普通混凝土结构的截面尺寸,约为普通混凝土结构截面尺寸的1/3,将其应用于风电塔架,能实现塔架结构自重更轻,进而提升风电塔架的高度。本实用新型中,UHPC塔柱单元是主要受力构件,以承压为主,由于UHPC的抗压性能优异,且塔柱自重较轻,采用UHPC可以提高风电塔的高度。同时,UHPC具有良好的耐久性,不容易受到腐蚀和损害,本实用新型采用UHPC为主体材料建造风电塔可解决塔架疲劳和耐久性问题,减少了风电塔的周期性维修需求。优选的,所述UHPC塔柱单元均为UHPC材料制作的构件,且所述UHPC材料的弯曲抗拉强度在20MPa以上,抗压强度在120MPa以上。

[0022] 本实用新型的风电塔架为变宽框架式结构,通过塔柱过渡段在横向将UHPC塔柱单元连接起来,确保塔柱的稳定性,通过地锚束一方面给塔柱施加轴向预压力,确保塔柱不出现大的拉应力,防止UHPC开裂,另一方面为风电塔架在强风作用下提供自复位能力,确保塔架的整体稳定性确保其不会倒塌。

[0023] 本实用新型中,每个UHPC塔柱节段中的UHPC塔柱单元一般不少于3根,沿风电塔架

的竖向中心线对称分布,UHPC过渡段与UHPC塔柱单元的数量相同,每层横梁上锚固的垂直地锚束的数量不少于6根,沿风电塔架的竖向中心线对称布置。优选的方案中,每个UHPC塔柱节段中的UHPC塔柱单元为4根,呈矩形分布,UHPC过渡段与UHPC塔柱单元的数量相同,塔柱过渡段也呈矩形,每层横梁上锚固的垂直地锚束的数量为8根,沿风电塔架的竖向中心线对称布置,锚固点围成的形状也为矩形。

[0024] 与现有技术相比,本实用新型的优点在于:

[0025] 1、本实用新型的风电塔架结构采用了地锚束,在地锚束的作用下,UHPC塔柱处于较高压应力状态,可充分发挥UHPC高抗压强度的优势,提高了其受力性能。相比现有技术在混凝土塔柱内施加体外或体内预应力,本实用新型采用地锚束,不仅可起到对UHPC塔柱施加体外预应力的作用,而且地锚束可使得塔架结构在强风中具有自复位功能,确保其不倒塌。

[0026] 2、本实用新型的风电塔架采用了具有优异力学性能和耐久性能的UHPC,与新材料相匹配,采用了框架式塔柱结构,具有更大的强度、刚度和抗风稳定性,耐疲劳和耐久性好,运维成本低、经久耐用性好。

[0027] 3、本实用新型的风电塔架采用UHPC与框架式结构相配合,在同等高度时,优选的变宽框架式结构可大幅度降低了自重和材料用量(如轮毂高度为123m的UHPC塔筒结构,其材料用量为512m³,同等高度时本实用新型的材料用量可低至335m³),使得风机的轮毂高度能够突破200米,高度更高。

[0028] 4、由于风电塔架以受压为主,本实用新型的风电塔架采用UHPC为主体材料,同等压力条件下,UHPC受压构件的造价不到钢受压构件的40%,碳排放仅为钢构件的20%,而自重仅比后者高出约20%。相比钢桁架式塔架,本实用新型的框架式UHPC塔架结构还省去了钢塔柱为维持稳定性必须增加的桁式或网状加劲结构(加劲结构可占主塔柱钢材用量的50%以上),因而本实用新型的塔架造价较钢塔架可节省60%以上,同时为塔高突破200m提供了经济可行的核心技术。

[0029] 5、本实用新型的风电塔架的以UHPC为主体材料,因UHPC构件自重轻,可长节段预制吊装UHPC塔柱,大大提高施工进度并保证质量,且无需大量的现场焊接、高空焊接工作,也无需大量的现浇混凝土工序,施工周期更短。

附图说明

[0030] 为了更清楚地说明本实用新型实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本实用新型的一些实施例,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。

[0031] 图1为实施例1的风电塔架的整体结构的立面图。

[0032] 图2为实施例1的风电塔架的三维示意图。

[0033] 图3为实施例1的第一层的UHPC塔柱节段和塔柱过渡段的三维示意图。

[0034] 图4为实施例1的塔柱过渡段的三维示意图。

[0035] 图5为实施例1的UHPC塔柱单元与UHPC过渡段通过法兰结构连接的三维示意图。

[0036] 图6为实施例1的第一、第二层的UHPC塔柱节段和塔柱过渡段的三维示意图。

- [0037] 图7为实施例1的第一、第二、第三层的UHPC塔柱节段和塔柱过渡段的三维示意图。
- [0038] 图8为实施例1的第一、第二、第三、第四层的UHPC塔柱节段和塔柱过渡段及塔顶的三维示意图。
- [0039] 图9为实施例1的第一、第二、第三、第四层、第五层的UHPC塔柱节段和塔柱过渡段及塔顶的三维示意图。
- [0040] 图10为实施例1的钢转段和带锥形板的套筒的三维示意图。
- [0041] 图11为实施例1的横梁为UHPC空心箱形截面构件时的结构示意图。
- [0042] 图12为实施例2的塔柱过渡段的横梁采用的钢桁梁结构时的三维示意图。
- [0043] 图13为实施例2的横梁为钢桁梁结构时的结构示意图。
- [0044] 图14为实施例3的风电塔架的立面图。
- [0045] 图例说明：
- [0046] 1、地面基础；2、UHPC塔柱节段；201、UHPC塔柱单元；3、塔柱过渡段；301、UHPC过渡段；302、横梁；4、地锚束；5、地锚束预留孔；6、法兰结构；7、钢转段；8、带锥形板的套筒；9、塔筒；10、弦杆；11、腹杆；12、锚固板。

具体实施方式

[0047] 为了便于理解本实用新型，下文将结合说明书附图和较佳的实施例对本实用新型作更全面、细致地描述，但本实用新型的保护范围并不限于以下具体的实施例。

[0048] 除非另有定义，下文中所使用的所有专业术语与本领域技术人员通常理解的含义相同。本文中所使用的专业术语只是为了描述具体实施例的目的，并不是旨在限制本实用新型的保护范围。

[0049] 除非另有特别说明，本实用新型中用到的各种原材料、试剂、仪器和设备等均可通过市场购买得到或者可通过现有方法制备得到。

[0050] 实施例1：

[0051] 如图1和图2所示，本实施例的基于UHPC的带地锚束的风电塔架，包括多层（本实施例中为5层）上下堆叠设置的UHPC塔柱节段2，上下相邻UHPC塔柱节段2之间通过塔柱过渡段3连接，最上方的UHPC塔柱节段2上设置一个塔柱过渡段3；UHPC塔柱节段2包括多根（本实施例中为4根）围绕风电塔架的竖向中心线均匀分布的UHPC塔柱单元201（呈矩形分布），塔柱过渡段3包括多根UHPC过渡段301（本实施例中为4根）与多根用于将UHPC过渡段301连接成一整体的横向联系构件，上下相邻UHPC塔柱单元201通过UHPC过渡段301连接；风电塔架还包括多根已施加预应力的地锚束4，地锚束4设于塔柱过渡段3与地面基础1之间。

[0052] 具体的，如图4所示，本实施例中，横向联系构件包括多根横梁302，相邻设置的UHPC过渡段301之间通过横梁302连接，地锚束4设于横梁302与地面基础1之间。本实施例中，在相邻设置的横梁302之间还可以相应设置横联（图中未示出），横联与地面基础1之间可设置地锚束4，以进一步提高结构稳定性。

[0053] 本实施例中，包括最上层在内的5个塔柱过渡段3的横梁302与地面基础1之间均张拉设有垂直于地面基础1设置的地锚束4，且地锚束4的上端与横梁302锚固时的锚固位置位于横梁302靠近UHPC过渡段301的一端，每个塔柱过渡段3与地面基础1之间张拉的垂直的地锚束4的数量为横梁302的两倍，为8根，共40根。

[0054] 如图1-图3所示,本实施例中,地面基础1为一设有内部空腔的空腔式基础,垂直的地锚束4的一端锚固于空腔式基础的内部空腔中,另一端锚固于塔柱过渡段3的上表面。

[0055] 如图1、图2所示,本实施例中,位于风电塔架上方的UHPC塔柱节段2的横截面小于位于风电塔架下方的UHPC塔柱节段2的横截面,塔柱过渡段3的横截面大小与其相邻的UHPC塔柱节段2的横截面大小相匹配。具体的,UHPC塔柱单元201均竖直设置,单独每个UHPC塔柱节段2的横截面大小由下至上保持相同,UHPC过渡段301的上下两端也竖直设置,由下至上设置的UHPC塔柱节段2的横截面大小逐步变小,多个UHPC塔柱节段2通过塔柱过渡段3连接而成的整体结构的横截面大小由下至上逐步变小。

[0056] 本实施例中,UHPC塔柱单元201和UHPC过渡段301为预制空心箱形截面构件,如图5所示,UHPC塔柱单元201和UHPC过渡段301之间通过法兰结构6连接,如图11、图12、图13所示,横梁302为预制的UHPC空心箱形截面构件或钢桁架结构。当横梁302为UHPC空心箱形截面构件时,其上开设有地锚束预留孔5。当横梁302为钢桁架结构时,塔柱过渡段3的结构如图13所示。

[0057] 如图1、图2、图10所示,本实施例中,最上层的UHPC塔柱节段2顶部也设置有塔柱过渡段3,最上层的塔柱过渡段3的上部通过法兰结构6安装有钢转段7,钢转段7上通过一带锥形板的套筒8安装有塔筒9,塔筒9顶部距离地面基础1的距离可大于200m。

[0058] 如图3-图10所示,本实施例的上述基于UHPC的带地锚束的UHPC风电塔架的施工方法,包括以下步骤:

[0059] S1:在工厂预制UHPC塔柱单元201,预制或组装塔柱过渡段3;

[0060] S2:施工地面基础1,将下方第一层的UHPC塔柱节段2中的多个UHPC塔柱单元201吊装至地面基础1上并安装固定,再将下方第一层的塔柱过渡段3通过其UHPC过渡段301与其下方的UHPC塔柱单元201连接而安装于上述下方第一层的UHPC塔柱节段2上形成一整体,并在塔柱过渡段3与地面基础1之间张拉地锚束4;

[0061] S3:再将下方第二层的UHPC塔柱节段2中的多个UHPC塔柱单元201吊装至下方第一层的塔柱过渡段3上,通过塔柱过渡段3的UHPC过渡段301与其上方的UHPC塔柱单元201的连接而安装固定,再将下方第二层的塔柱过渡段3通过其UHPC过渡段301与其下方的UHPC塔柱单元201连接而安装于上述下方第二层的UHPC塔柱节段2上形成一整体,并在塔柱过渡段3与地面基础1之间张拉地锚束4;

[0062] S4:重复步骤S3,直至完成最上层的塔柱过渡段3的安装,再在最上层的塔柱过渡段3上安装附属件及塔筒9,完成施工。

[0063] 更具体的,本实施例的上述基于UHPC的带地锚束的UHPC风电塔架的施工方法,包括以下步骤:

[0064] S1:建造风电塔架第一层节段。在工厂预制UHPC塔柱单元201,预制或组装塔柱过渡段3(图4)。如图3所示,在风电塔选址处用普通混凝土浇筑空腔式基础,待空腔式基础的混凝土达到设计强度后,通过塔吊吊装下方第一层的UHPC塔柱节段2的UHPC塔柱单元201,可使用常规的法兰将UHPC塔柱单元201固定在空腔式基础上。将下方第一层的塔柱过渡段3整体吊装至UHPC塔柱节段2的顶部,通过法兰结构6连接塔柱过渡段3和UHPC塔柱节段2(如图5所示)。最后从空腔式基础内部沿纵向开始张拉地锚束4,并锚固于横梁302顶面,锚固位置在靠近UHPC过渡段301,8根地锚束4沿风电塔架的竖向中心线对称分布。

[0065] S2:建造风电塔架第二层节段。如图6所示,通过塔吊吊装第二层的UHPC塔柱节段2的UHPC塔柱单元201,使用法兰结构6将第二层的UHPC塔柱节段2(下端)与第一层的塔柱过渡段3(上端)连接成整体。再将第二层的塔柱过渡段3整体吊装至第二层的UHPC塔柱节段2的顶部,通过法兰结构6连接第二层的塔柱过渡段3(下端)和第二层的UHPC塔柱节段2(上端)。最后从空腔式基础内部沿纵向开始张拉地锚束4,并锚固于横梁302顶面,锚固位置在靠近UHPC过渡段301,8根地锚束4沿风电塔架的竖向中心线对称分布。

[0066] S3:建造风电塔架第三层节段。如图7所示,通过塔吊吊装第三层的UHPC塔柱节段2的UHPC塔柱单元201,使用法兰结构6将UHPC塔柱节段2与塔柱过渡段3连接成整体。再将第三层的塔柱过渡段3整体吊装至第三层的UHPC塔柱节段2的顶部,通过法兰结构6连接塔柱过渡段3和UHPC塔柱节段2。最后从空腔式基础内部沿纵向开始张拉地锚束4,并锚固于横梁302顶面,锚固位置在靠近UHPC过渡段301,8根地锚束4沿风电塔架的竖向中心线对称分布。

[0067] S4:建造风电塔架第四层节段。如图8所示,通过塔吊吊装第四层的UHPC塔柱节段2的UHPC塔柱单元201,使用法兰结构6将UHPC塔柱节段2与塔柱过渡段3连接成整体。再将第四层的塔柱过渡段3整体吊装至第四层的UHPC塔柱节段2的顶部,通过法兰结构6连接塔柱过渡段3和UHPC塔柱节段2。最后从空腔式基础内部沿纵向开始张拉地锚束4,并锚固于横梁302顶面,锚固位置在靠近UHPC过渡段301,8根地锚束4沿风电塔架的竖向中心线对称分布。

[0068] S5:建造风电塔架第五层节段。如图9所示,通过塔吊吊装第五层的UHPC塔柱节段2的UHPC塔柱单元201,使用法兰结构6将UHPC塔柱节段2与塔柱过渡段3连接成整体。再将第五层的塔柱过渡段3整体吊装至第五层的UHPC塔柱节段2的顶部,通过法兰结构6连接塔柱过渡段3和UHPC塔柱节段2。最后从空腔式基础内部沿纵向开始张拉地锚束4,并锚固于横梁302顶面,锚固位置在靠近UHPC过渡段301,8根地锚束4沿风电塔架的竖向中心线对称分布。本实施例的第五层为风电塔架的顶层,第五层的塔柱过渡段3的顶端部分作为封顶塔柱。

[0069] S6:安装塔筒9、风力发电机组和叶轮。如图1、图2和图10所示,在塔柱过渡段3的顶部架设钢转段7,并通过法兰连接形成整体。通过塔吊将塔筒9起吊至最上层的钢转段7顶部,通过钢转段7和带锥形板的套筒8固定塔筒9,再安装风力发电机组和叶轮,完成施工。

[0070] 本实施例中,UHPC塔柱节段2和塔柱过渡段3均采用UHPC材料在工厂预制,且UHPC材料的弯曲抗拉强度在20MPa以上,抗压强度在120MPa以上。UHPC塔柱节段2的高度优选20-40m,塔柱过渡段3的高度优选3-6m。UHPC塔柱节段2的UHPC塔柱单元201和塔柱过渡段3的UHPC过渡段301为空心箱形截面构件,UHPC塔柱单元201截面高、宽 a_1 均为1-3m,壁厚 b_1 为0.1-0.3m。UHPC过渡段301的截面尺寸与相邻UHPC塔柱单元201的截面尺寸保持一致。塔顶的UHPC过渡段301顶面截面长、宽 a_2 均为0.5-1m,壁厚 b_2 为0.1-0.2m。

[0071] 本实施例中,横梁302为薄型构件,横梁302的长度为相邻UHPC过渡段301之间的净距,截面宽度为长度的一半,第一层的横梁302的截面长 a_3 为2.5-3m,第二层和第三层的横梁302的截面长 a_4 为2-2.5m,第四层与第五层的横梁302的截面长 a_5 为1.5-2m。如图11所示,横梁302采用箱形截面UHPC梁,采用UHPC材料在工厂预制,横梁302均设置了地锚束预留孔5,地锚束预留孔5的尺寸与选用的地锚束4尺寸相匹配。横梁302的壁厚 b_3 为0.1-0.3m。

[0072] 本实施例中,地面基础1的长、宽 a_6 均为10-30m,采用普通混凝土浇筑。地面基础1内部为空腔结构,便于施工人员进入空腔室对垂直的地锚束4进行预应力张拉和锚固作业。

[0073] 本实施例,可根据需要对UHPC塔柱单元201的数量、布置方式进行调整,相应调整

塔柱过渡段3即可,也可根据需要对地锚束4的数量及安装位置进行调整。如本实施例中,还可调整地锚束4的设置位置,在UHPC塔柱单元201的顶部增设向塔内部设置的牛腿,并在牛腿与地面基础1之间张拉垂直的地锚束4。或者在原地锚束4的基础上,再增加上述设于牛腿与地面基础1之间的地锚束4。

[0074] 实施例2:

[0075] 本实施例的风电塔架整体组成部件与实施例1基本相同,区别在于如图12所示,本实施例中,UHPC塔柱节段2的UHPC塔柱单元201和塔柱过渡段3的UHPC过渡段301为空心圆形截面构件,UHPC塔柱单元201截面外径 d_1 为1-2m,壁厚 t_1 为0.1-0.3m。UHPC过渡段301的截面尺寸与相邻UHPC塔柱单元201的截面尺寸保持一致。塔顶的UHPC过渡段301顶面截面外径 d_2 为0.5-1m,壁厚 t_2 为0.1-0.2m。

[0076] 本实施例的风电塔架整体组成部件与实施例1的区别还在于如图13所示,本实施例中,横梁302采用钢桁架结构(钢质材料,如Q345材料),由弦杆10和腹杆11组成。钢桁架为双排结构,通过钢横联连接,地锚束4一端锚固在锚固板12上,锚固板12上开设有地锚束预留孔5。

[0077] 本实施例的其他结构也可适应性的进行调整,如调整地锚束4的数量与锚固位置、UHPC塔柱节段2的层数等。

[0078] 实施例3:

[0079] 本实施例的风电塔架整体组成部件与实施例1基本相同,区别在于如图14所示,本实施例中,UHPC塔柱单元201均向内倾斜设置,每个UHPC塔柱节段2的横截面大小均由下至上依次线性变小,UHPC过渡段301也均向内倾斜设置,多个UHPC塔柱节段2通过塔柱过渡段3连接而成的整体结构的横截面大小由下至上依次变小。

[0080] 本实施例的其他结构也可适应性的进行调整,如调整地锚束4的数量与锚固位置、UHPC塔柱节段2的层数等。

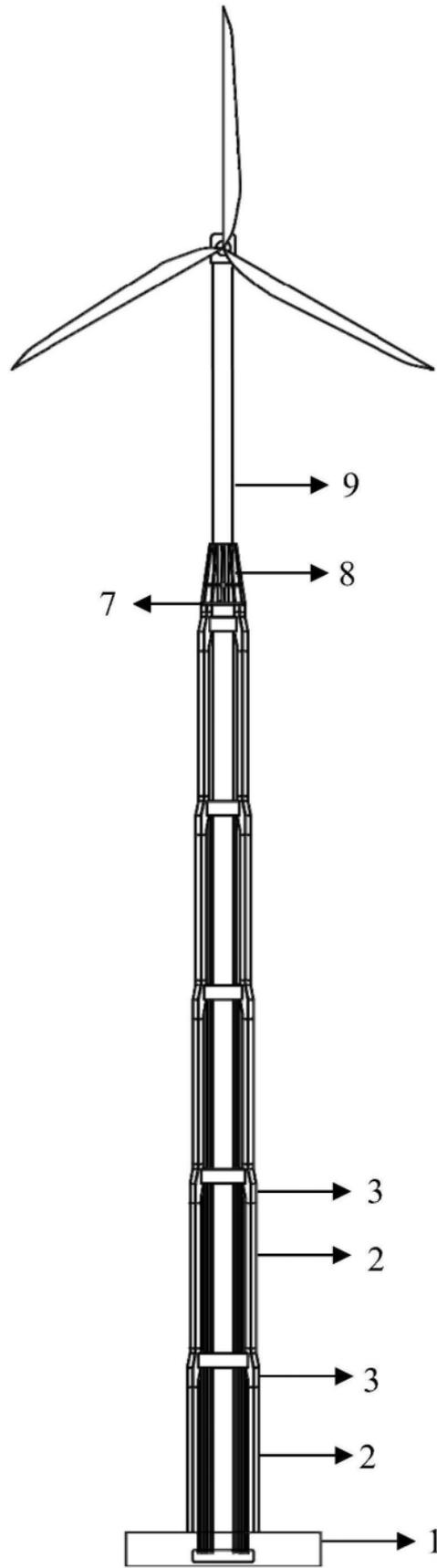


图1

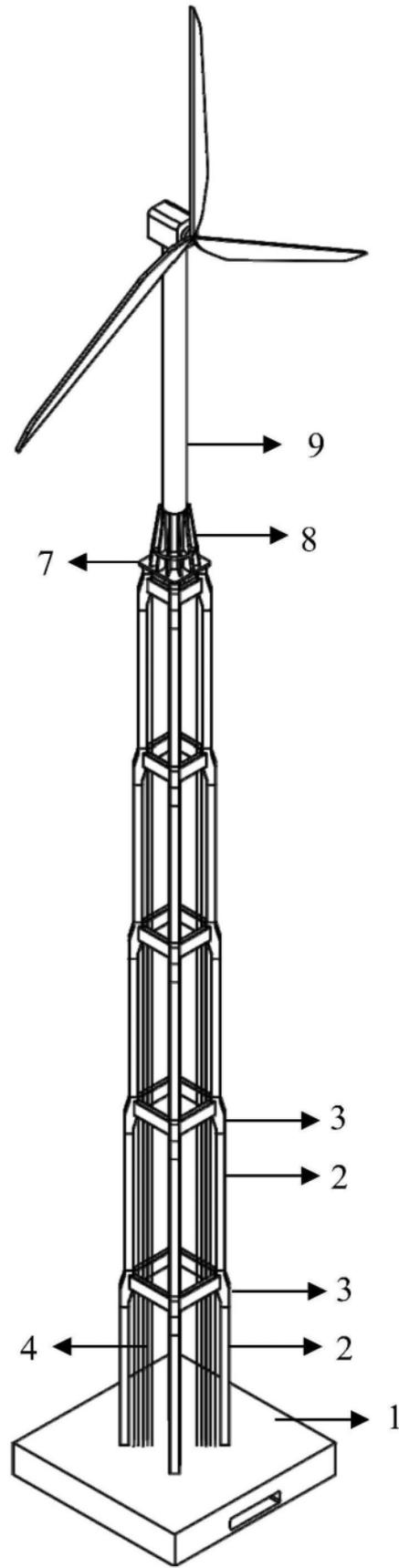


图2

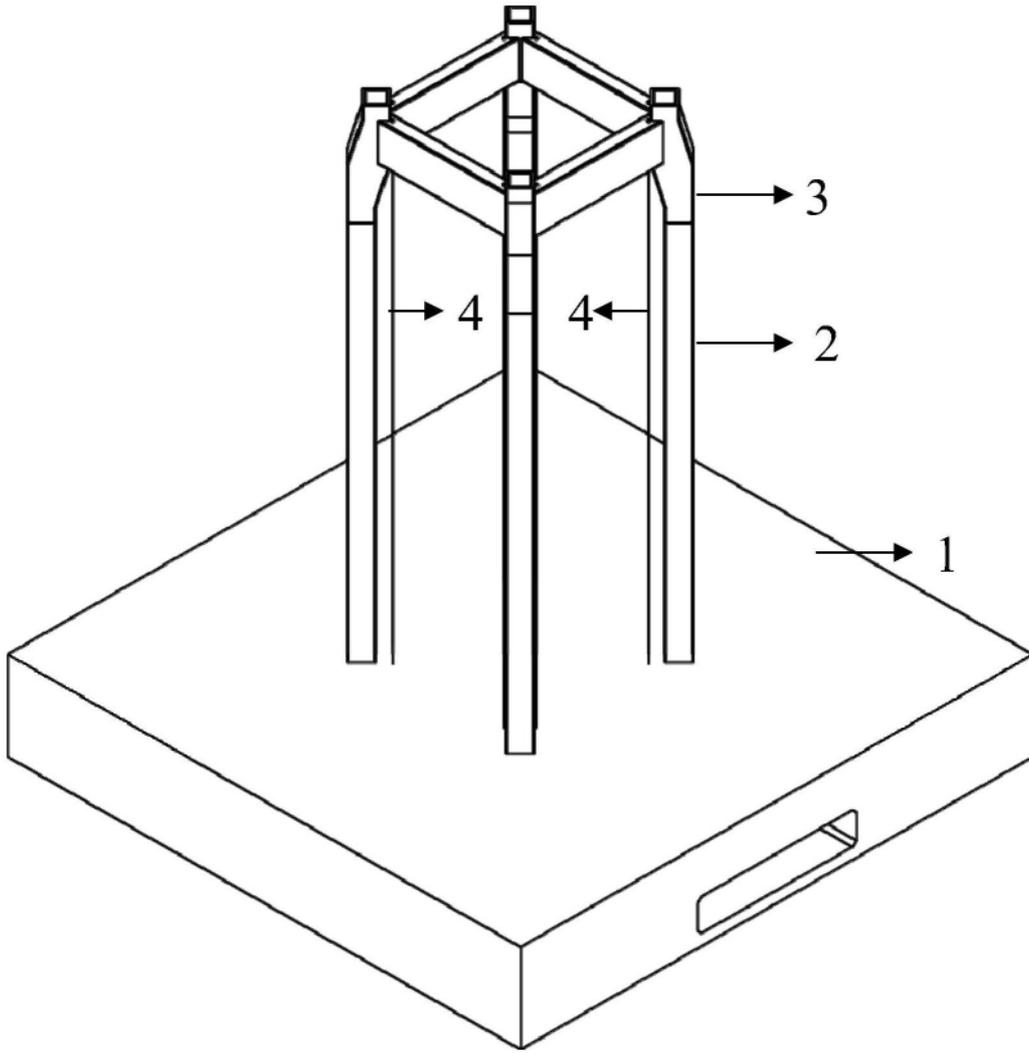


图3

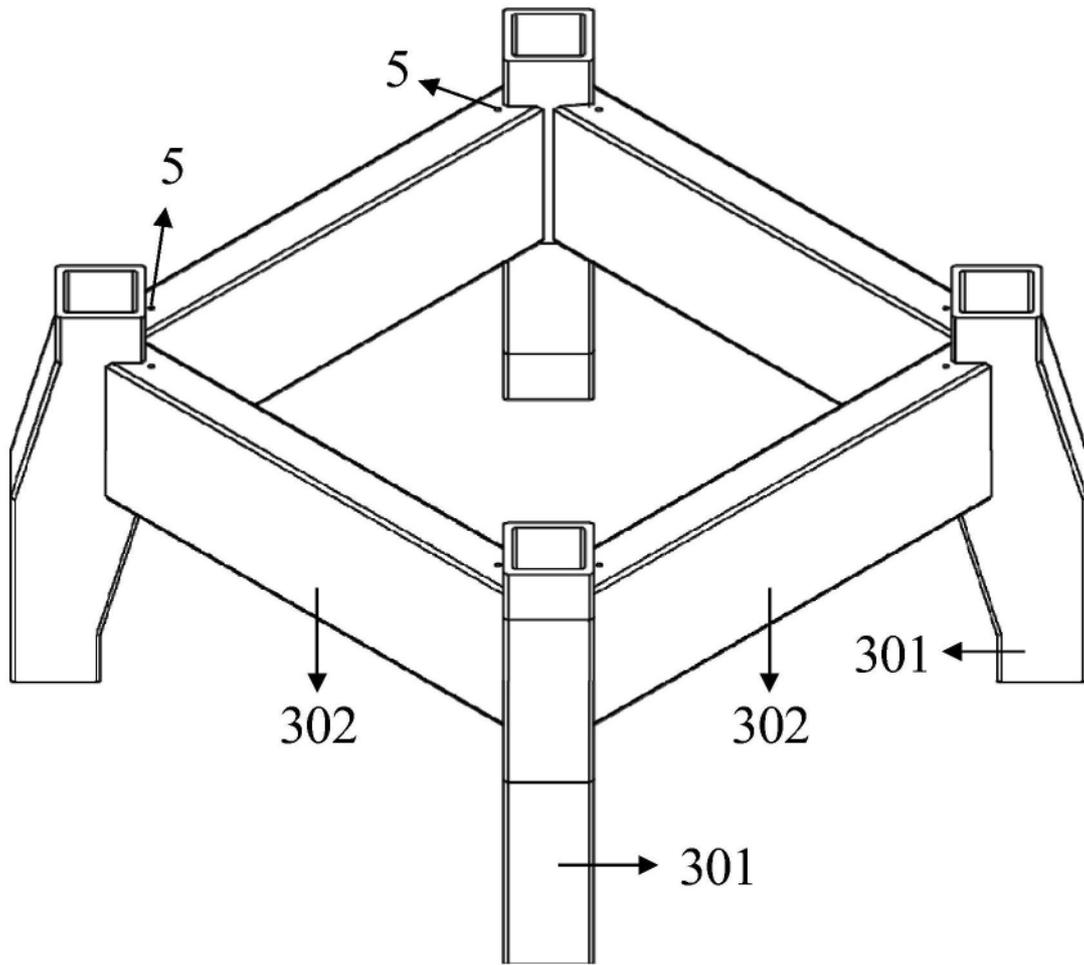


图4

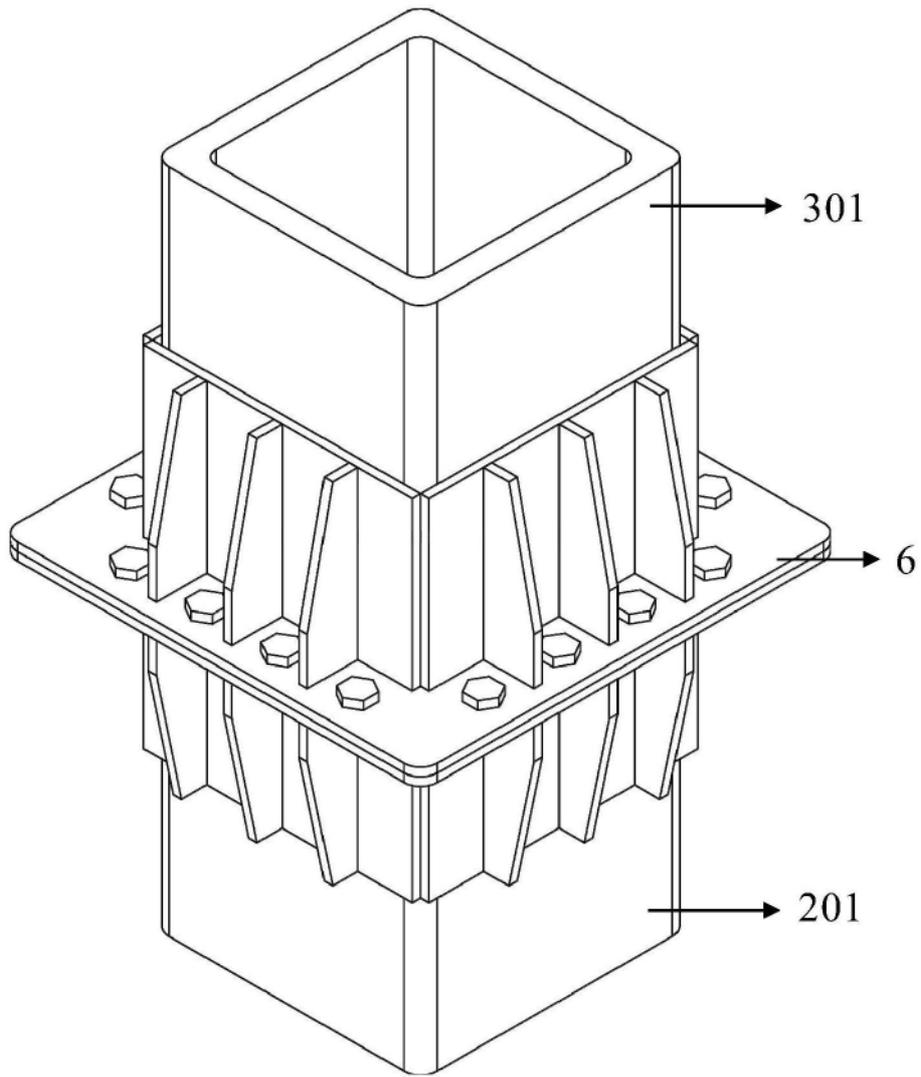


图5

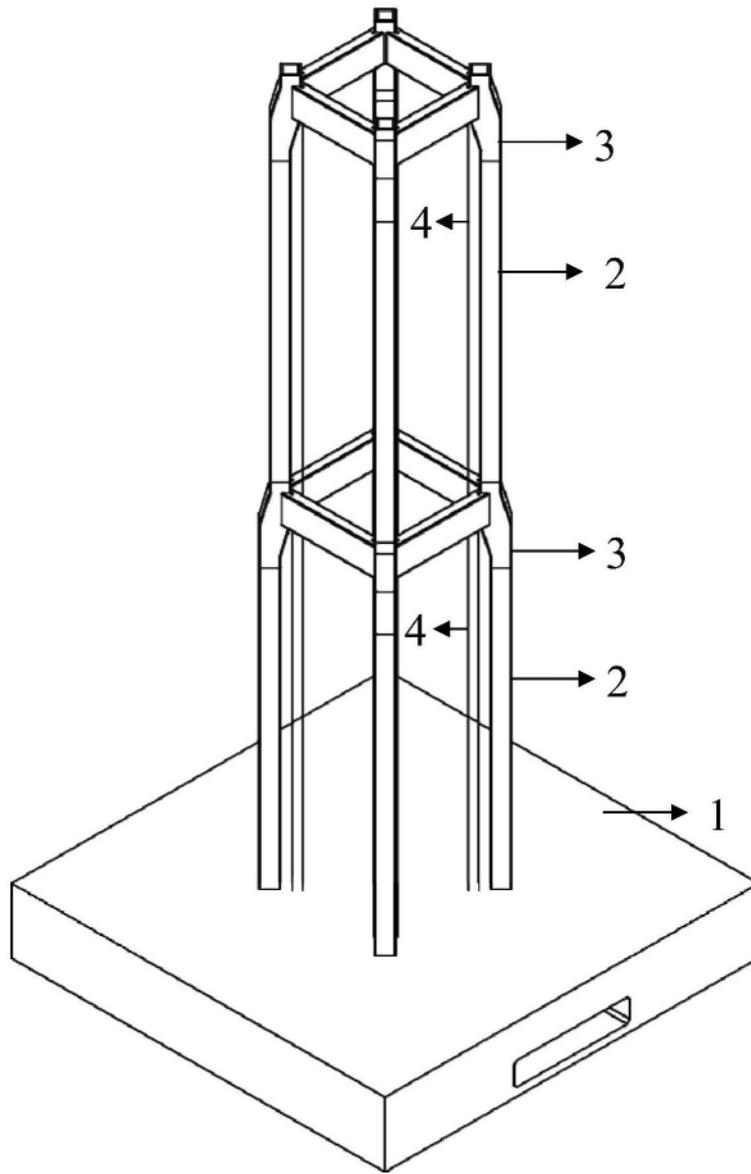


图6

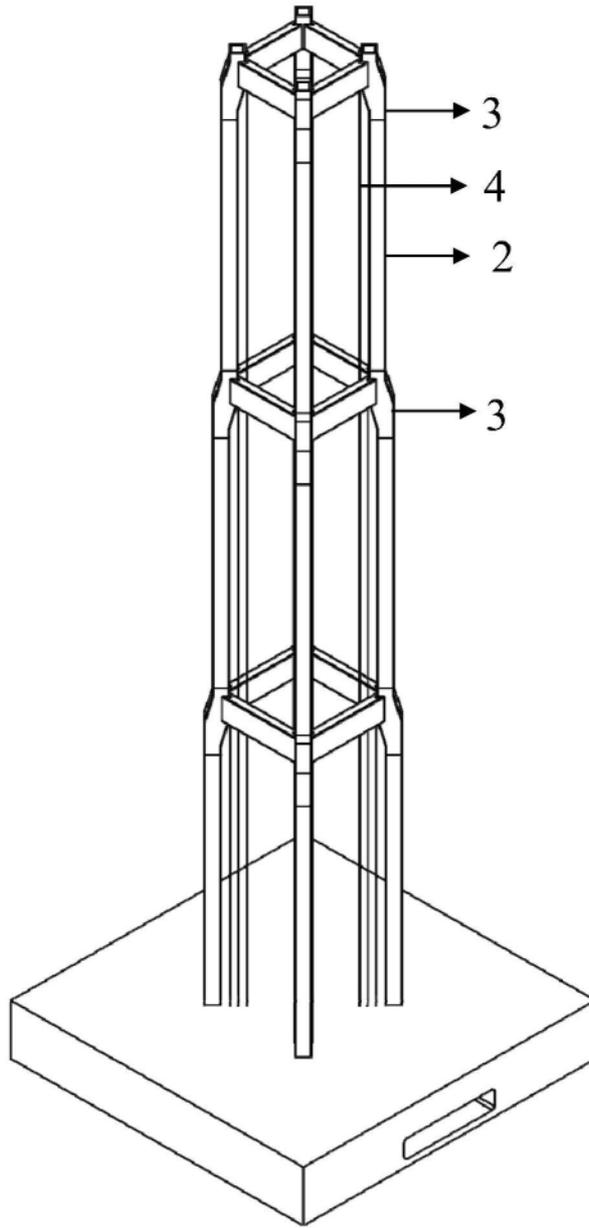


图7

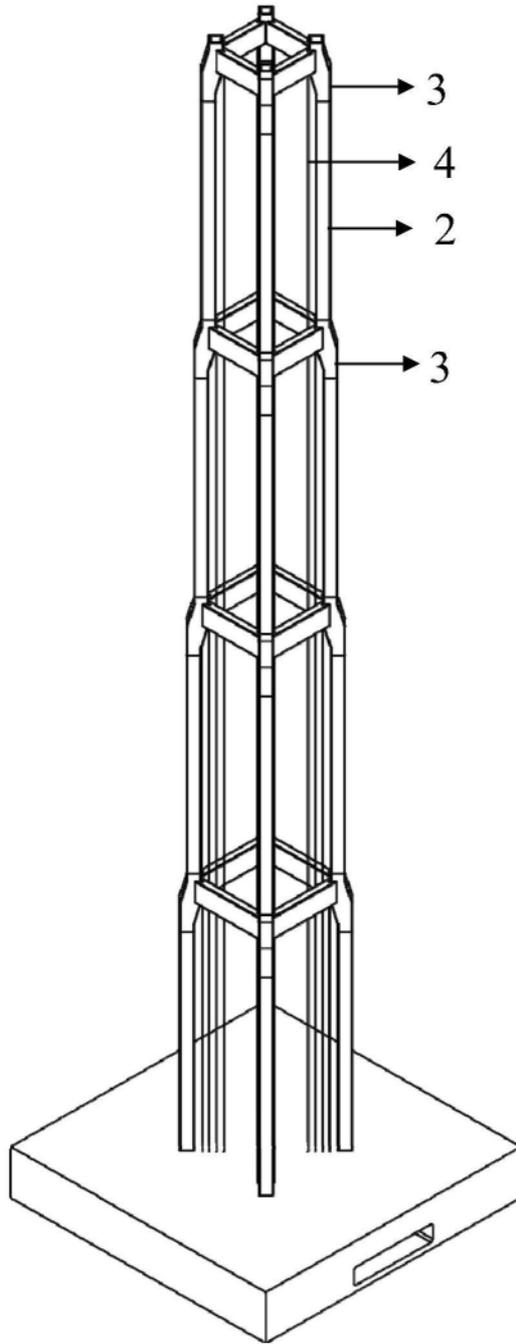


图8

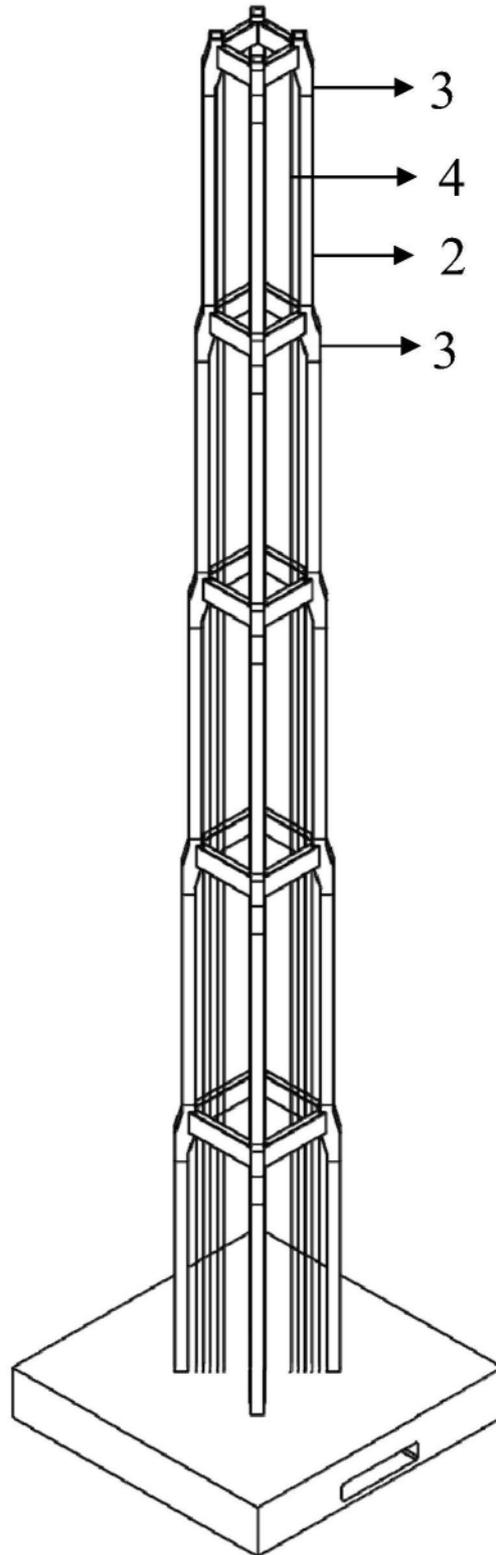


图9

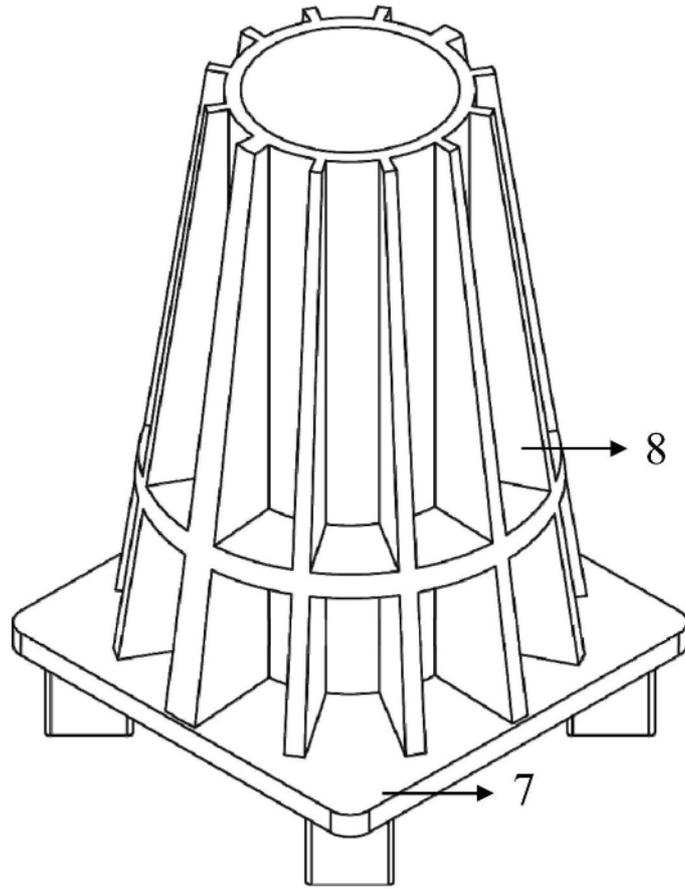


图10

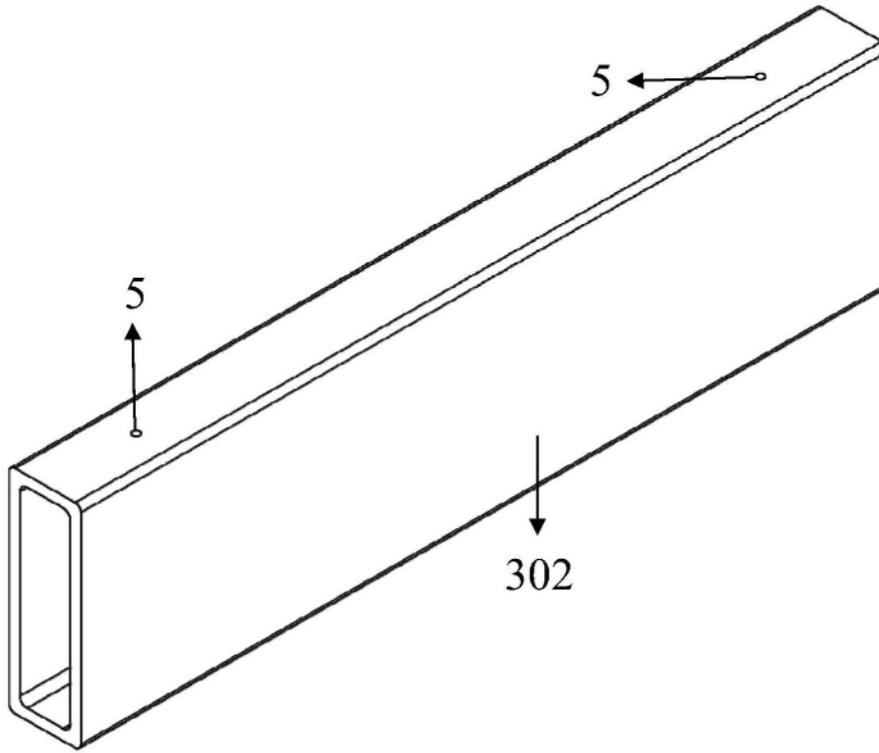


图11

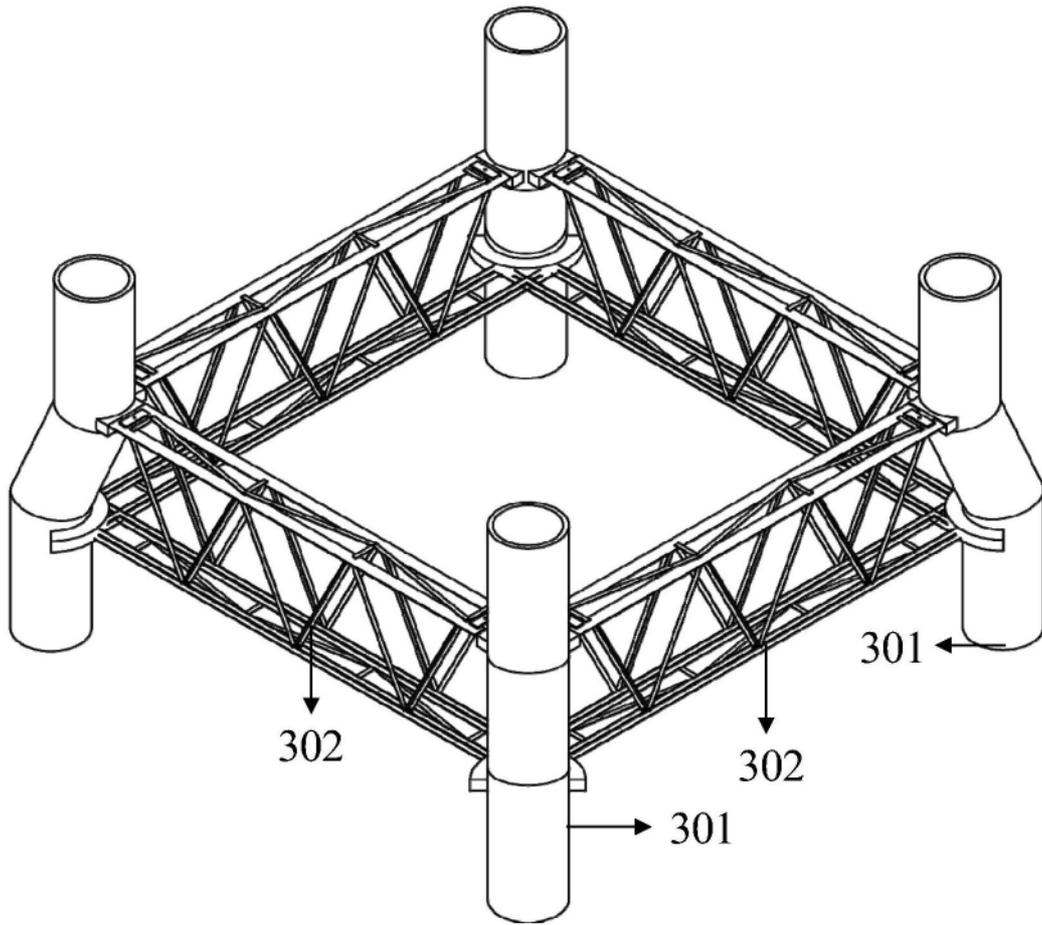


图12

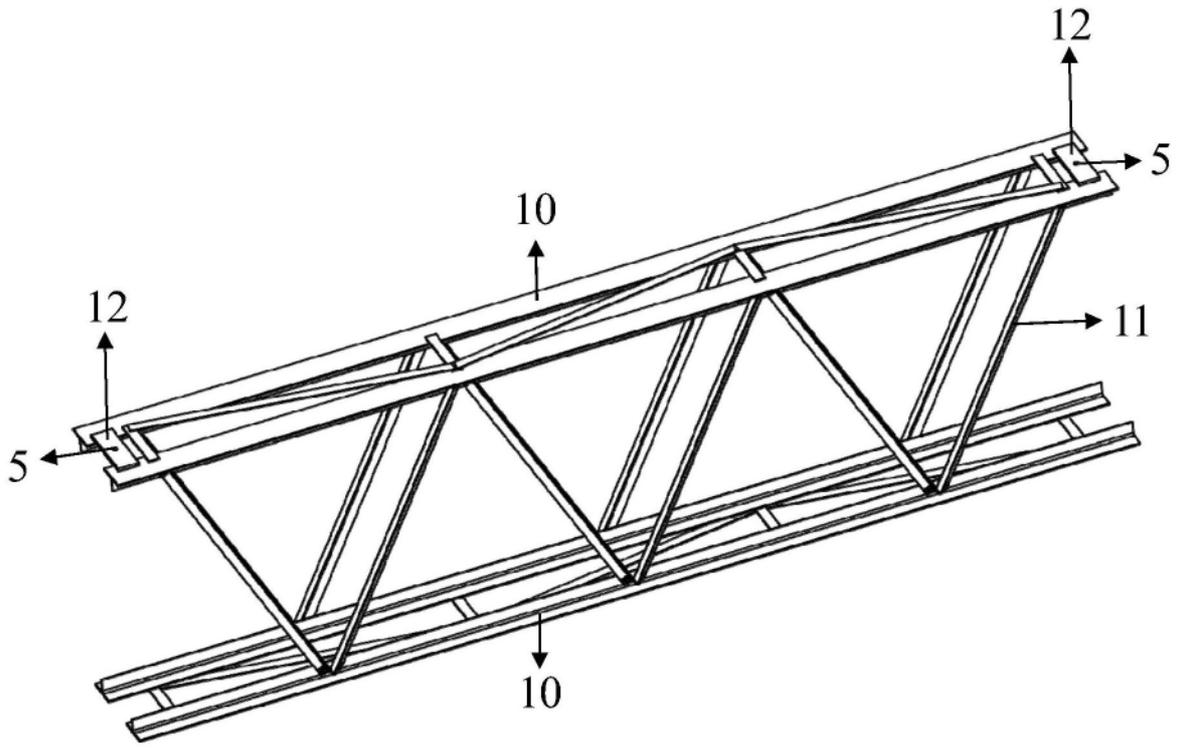


图13

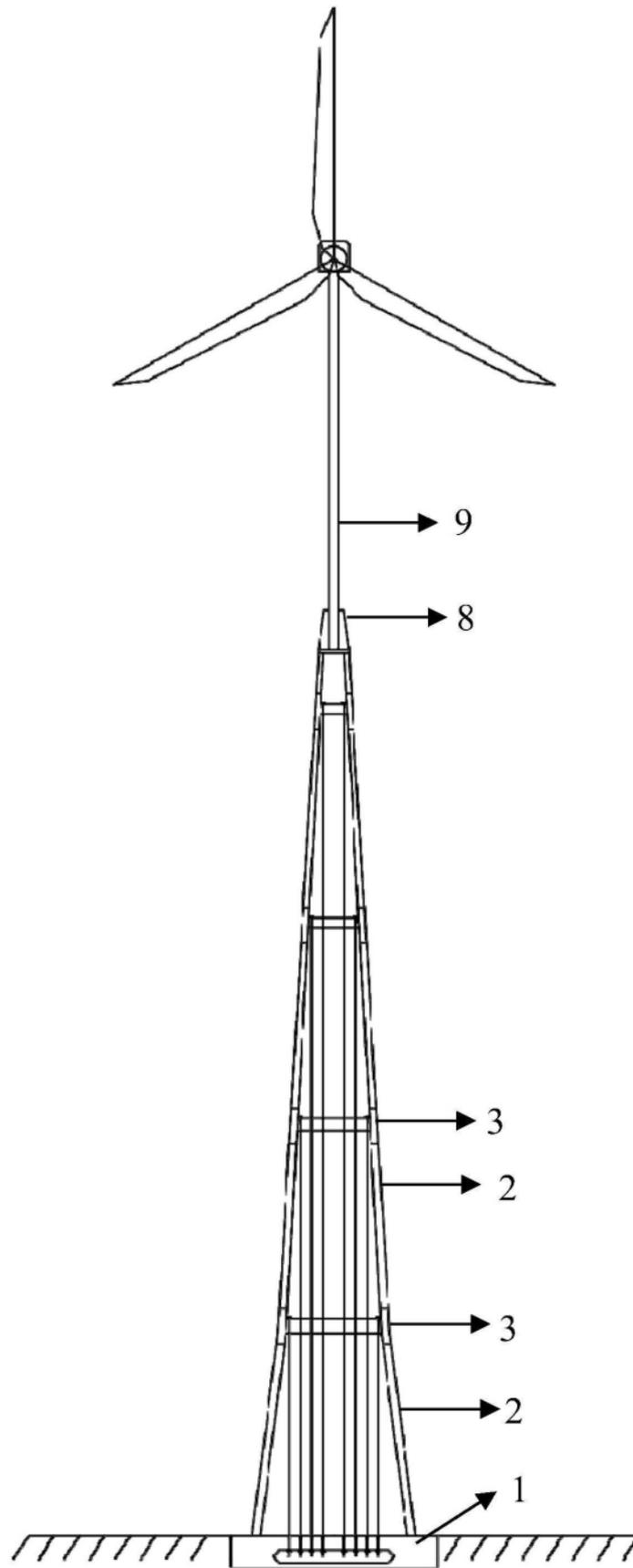


图14