



## (12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 203809220 U

(45) 授权公告日 2014. 09. 03

(21) 申请号 201420204401. 4

(22) 申请日 2014. 04. 25

(73) 专利权人 湖南大学

地址 410082 湖南省长沙市岳麓区麓山南路  
2 号

(72) 发明人 许斌 牛家兴

(74) 专利代理机构 长沙正奇专利事务有限责  
任公司 43113

代理人 马强

(51) Int. Cl.

F03D 11/04 (2006. 01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

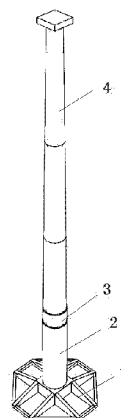
权利要求书1页 说明书6页 附图6页

### (54) 实用新型名称

一种风力发电机塔架

### (57) 摘要

本实用新型涉及一种风力发电机塔架,包括塔架基础和塔架基础上方的钢制塔段,所述钢制塔段的下端面安装钢制塔段下法兰盘,所述塔架基础为混凝土梁板基础,所述混凝土梁板基础顶部设有混凝土底段塔筒,并在混凝土底段塔筒与钢制塔段之间设置钢制过渡塔段;所述混凝土底段塔筒与混凝土梁板基础通过竖向预应力锚固机构连接,而钢制塔段与钢制过渡塔段之间通过紧固机构连接。本实用新型可充分发挥混凝土以及钢结构的优势,降低结构本身的直接造价、降低结构维护费用、降低道路建设成本、提高结构性能和安全性、延长结构使用年限,实现生命期成本最小。



1. 一种风力发电机塔架,包括塔架基础和塔架基础上方的钢制塔段(4),所述钢制塔段(4)的下端面安装钢制塔段下法兰盘(11),其特征是,所述塔架基础为混凝土梁板基础(1),所述混凝土梁板基础(1)顶部设有混凝土底段塔筒(2),并在混凝土底段塔筒(2)与钢制塔段(4)之间设有钢制过渡塔段(3);所述混凝土底段塔筒(2)与混凝土梁板基础(1)通过竖向预应力锚固机构连接,而钢制塔段(4)与钢制过渡塔段(3)之间通过紧固机构连接。

2. 根据权利要求1所述风力发电机塔架,其特征是,所述混凝土梁板基础包括底板(18)、设在底板(18)顶面中心的圆形的环壁(8)、底板外边沿的纵向设置的边梁(17)、连接边梁(17)与环壁(8)的大梁(16),所述竖向预应力锚固机构沿纵向穿过环壁(8)而与底板(18)连接。

3. 根据权利要求2所述风力发电机塔架,其特征是,所述底板(18)的形状为正多边形;所述大梁(16)与环壁(8)的外壁相切。

4. 根据权利要求2所述风力发电机塔架,其特征是,所述底板(18)的形状为圆形;所述大梁(16)沿底板(18)径向布置。

5. 根据权利要求2所述风力发电机塔架,其特征是,所述钢制过渡塔段(3)的上端面安装钢制过渡塔段上法兰盘(12),钢制过渡塔段(3)的下端面安装钢制过渡塔段下法兰盘(10)。

6. 根据权利要求5所述风力发电机塔架,其特征是,所述竖向预应力锚固机构包括沿圆周方向均匀设置的多个预应力张拉部件(5),该预应力张拉部件(5)顺次穿过混凝土底段塔筒(2)和混凝土梁板基础的环壁(8),且预应力张拉部件(5)的顶端锚固在钢制过渡塔段下法兰盘(10)而底端锚固在混凝土梁板基础的底板(18)上。

7. 根据权利要求6所述风力发电机塔架,其特征是,所述钢制过渡塔段下法兰盘(10)设有供预应力张拉部件(5)穿过的钢制过渡塔段下法兰盘预应力孔洞(25),所述混凝土底段塔筒(2)设有供预应力张拉部件(5)穿过的混凝土底段塔筒预应力孔道(19)。

8. 根据权利要求6所述风力发电机塔架,其特征是,所述预应力张拉部件(5)为预应力钢绞线、预应力钢筋或预应力锚栓中的一种或多种。

9. 根据权利要求1或2所述风力发电机塔架,其特征是,所述预应力混凝土底段塔筒(2)沿环向设置内外两层竖向钢筋(20)、环向钢筋(21)以及水平向拉筋(22);所述预应力混凝土底段塔筒(2)顶部设置钢筋网(23)。

10. 根据权利要求5所述风力发电机塔架,其特征是,所述紧固机构为连接钢制塔段下法兰盘(11)与钢制过渡塔段上法兰盘(12)的螺栓(13)。

## 一种风力发电机塔架

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种风力发电机塔架。

### 背景技术

[0002] 风能是一种清洁能源,资源储备量大,也是目前国内外重点开发的新能源型式之一。我国风力资源分布广泛,在西北部、中部以及东部沿海地区都有很好的风力资源,故风力发电的发展前景相当广阔。我国现阶段广泛使用水平轴风力发电机组,一般使用全钢制塔架,基础为钢筋混凝土独立扩展基础,钢制塔架通过预埋基础环与基础直接连接。

[0003] 随着塔架高度的增加,塔筒钢板厚度随着增加,钢塔架的生产制造变得越发困难,道路运输尺寸的限制不允许钢制塔筒直径进一步增大,目前国内使用的钢制塔筒的直径都限制在 4.5 米一下,这限制了全钢制塔架结构在更大功率发电机上的应用。其次,钢制塔架结构力学性能也存在不足,其刚度小,在风作用下塔顶变形大,振幅大,给维护带来极大困难,直接造价和运行维护费用高。特别是在山区建设风场时,全钢制塔筒的运输越发困难、危险性高,而且为了运输直径大、长度长而重量大的全钢塔筒需要建设专门的上山道路,大大提高了建设成本,而且修建道路直接破坏环境。传统全钢制塔筒结构的力学性能不足、直接成本和间接成本高,以及建设过程的风险大、维护成本高以及使用年限较短等大大限制了其在山区风场建设中的应用,也难以满足风力发电机单机装机容量向着大型化的发展要求。最后,目前广泛使用的传统基础环埋入式独立扩展基础受力性能与经济性不佳。该种基础与上部钢制塔筒的连接通过埋入式基础法兰来实现,便于标准化,施工较为简便,当风机功率较小而基础底板悬挑长度较小时,此基础型式较合理。但其传力机理复杂,塔筒底部截面刚度和强度在基础顶面出现突变,应力集中明显,容易导致脆性破坏,耐久性差,其竖向承载力有余但抗倾覆和抗弯性能不佳。而且在大偏心荷载作用下,基础边缘与地基的脱开面积常起控制作用,特别是对于大功率风机而言,这种基础的悬挑长度太大,经济性变差。必须开发新型的风电塔架结构体系,降低直接造价、降低维护费用、降低道路建设成本、提高结构性能和安全性。

[0004] 授权实用新型《预应力混凝土钢结构复合风电塔架》(授权公告号:CN201962693U)提出了一种预应力混凝土钢结构复合风电塔架,在现浇混凝土基础上通过预埋基础钢制法兰以及高强螺栓与下部混凝土塔段连接,混凝土塔段之间、混凝土塔段与上部钢制塔段之间也是通过钢制法兰以及高强螺栓连接。该实用新型专利的混凝土塔段采用预制预应力混凝土构件,在塔筒竖直方向没有施加贯通的预应力,仅是预制混凝土塔段在预制时存在预应力。由于螺栓无法传递预应力,这种方式导致预应力没有在混凝土段连续施加。混凝土塔筒在风机的大弯矩作用下容易开裂,对实用性和混凝土段塔筒的耐久性带来负面影响。

[0005] 授权实用新型《一种混凝土-钢结构复合风电塔架》(授权公告号:CN202031370U)公开一种混凝土-钢结构复合风电塔架,包括基座和塔体,其特征在于:所述基座为中空圆盘状结构,其上端预埋有钢制法兰;所述塔体为锥筒形结构,塔体分成多个塔段,塔段包括混凝土塔段和钢制塔段,塔段的两端预埋有钢制法兰,钢制法兰埋入混凝土塔段和基座的

部分预设加强钢筋；钢制法兰与塔体空腔对应的圆周位置均匀布置有连接孔；基座与塔体及相邻两塔段的钢制法兰的连接孔对正，高强螺栓贯穿连接孔且两端利用螺母固定。该实用新型中混凝土塔段为普通钢筋混凝土结构，没有在混凝土塔段整体施加预应力，混凝土塔筒在风机的大弯矩作用下容易开裂，对实用性和混凝土段塔筒的耐久性带来负面影响。

[0006] 实用新型《体外预应力钢-混凝土风电塔架》(授权公告号:CN202493386U)公开一种体外预应力钢-混凝土风电塔架，包括混凝土段和钢结构段，以及连接二者的过渡段，所述过渡段包括混凝土过渡段和钢结构过渡段；塔架按照混凝土段、过渡混凝土段、过渡钢结构段、钢结构段依序连接；且所述过渡钢结构段和所述过渡混凝土段通过双头螺栓连接。该风电塔架的过渡段之间双头螺栓连接。该实用新型中的混凝土段以及混凝土过渡段均为预制，现场吊装安装。

[0007] 授权实用新型《体内预应力钢-混凝土风电塔架》(授权公告号:CN202500731U)公开一种体内预应力钢-混凝土风电塔架，包括混凝土段和钢结构段，以及连接二者的过渡段，所述过渡段包括过渡混凝土段和钢结构过渡段；按照混凝土段、过渡混凝土段、过渡钢结构段、钢结构段依序连接；所述过渡钢结构段和所述过渡混凝土段双头螺栓连接，同时还通过钢绞线连接，所述钢绞线连接所述过渡钢结构段，并贯穿所述过渡混凝土段和混凝土段内部设置的钢绞线埋管且张拉固定于塔架基础内部。该风电塔架的过渡段之间通过钢绞线连接以及双头螺栓连接。该实用新型中的混凝土段以及混凝土过渡段均为预制，现场吊装安装。

[0008] 以上授权实用新型《体外预应力钢-混凝土风电塔架》(授权公告号:CN202493386U)与《体内预应力钢-混凝土风电塔架》(授权公告号:CN202500731U)均未考虑基础结构型式以及预应力施加时工艺上的困难。预应力钢绞线如何锚固入现浇钢筋混凝土基础。由于混凝土塔段是预制，预应力筋必须在混凝土塔段安装就位后通过预应力孔道伸入混凝土基础中，而基础已经现浇成型，如何将基础中预应力孔道与预制混凝土塔筒中的预应力孔道对齐在施工上难以保证。必须针对混凝土塔筒预应力的施加对传统基础结构型式进行改进。

[0009] 授权实用新型专利《基础承压梁板式风力发电塔基础》(授权公告号:CN 202152463 U)涉及一种基础承压梁板式风力发电塔基础结构。本实用新型混凝土垫层呈圆环形，圆环形内嵌有垫板，垫层设有混凝土基础底板，基础底板的中部设有圆环形混凝土柱墩，靠近边缘处设有边缘小梁，柱墩与边缘小梁通过悬臂梁连接，形成米字形结构，两个相邻的边缘小梁通过悬臂梁连接在一起，形成环形；柱墩中锚栓一端与基础下锚板连接，另一端与塔筒连接。本实用新型米字梁减少基础混凝土的工程量。基础与地基承压面积减小，环形垫层压应力增大，抵抗上部结构弯矩引起基础底面的拔力，从而减小基础底面积。将风力发电塔塔筒与基础的连接由基础环式改为预应力锚栓式。保证了塔筒与基础的刚性连接，减少了用钢量。该实用新型是对传统基础环埋入式独立扩展基础的改进，配合全钢制塔筒使用的，基础顶面直接与上端钢制塔筒连接，但没有将预应力引入塔筒。

[0010] 授权实用新型专利《井格式承台风力发电塔桩基础》(授权公告号:CN 201358468 Y)涉及一种井格式承台风力发电塔桩基础。由桩、承台底板、悬臂梁、边缘梁、锚栓、小承台、混凝土垫层和混凝土基础中心筒组成，悬臂梁共有 8 根，均由混凝土基础中心筒伸出，形成井字形，混凝土基础中心筒位于井字形的中心，每根悬臂梁的外端均设有小承台，相互平行

的悬臂梁外端的小承台通过边缘梁连接;桩伸入承台中一定深度,小承台、悬臂梁以及混凝土基础中心筒固定于承台底板上方,承台底板下方为混凝土垫层,混凝土基础中心筒的筒壁中均匀埋有锚栓,各锚栓组成一个锚栓群,锚栓群顶部设有锚栓顶板,锚栓顶板以下为调节螺母,锚栓顶板顶面与混凝土基础中心筒的筒壁顶部平齐。能够提高该型桩基础的抗弯效率,从而减少承台混凝土的用量。该实用新型也是针对全钢制塔筒的,锚栓预应力不引入塔筒。

## 发明内容

[0011] 本实用新型的目的在于,针对传统全钢制塔筒与独立扩展基础结构体系的力学性能不足,施工建设的直接成本和间接成本高,建设过程的风险大、维护成本高、比混凝土结构设计使用年限短、结构难以满足风力发电机单机装机容量向着大型化的发展要求等问题,提供一风力发电机塔架,充分发挥混凝土以及钢结构的优势,降低结构本身的直接造价、降低结构维护费用、降低道路建设成本、提高结构性能和安全性、延长结构使用年限,实现生命期成本最小。

[0012] 本实用新型的技术方案为,一种风力发电机塔架,包括塔架基础和塔架基础上方的钢制塔段,所述钢制塔段的下端面安装钢制塔段下法兰盘,所述塔架基础为混凝土梁板基础,所述混凝土梁板基础顶部设有混凝土底段塔筒,并在混凝土底段塔筒与钢制塔段之间设置钢制过渡塔段;所述混凝土底段塔筒与混凝土梁板基础通过竖向预应力锚固机构连接,而钢制塔段与钢制过渡塔段之间通过紧固机构连接。

[0013] 本实用新型改进传统钢制基础环埋入式独立扩展钢筋混凝土基础为预应力梁板式柔性基础。此举可以大大节省基础的混凝土用量并省去钢制埋入式基础环,同时此举的经济效益十分明显。通过在混凝土梁板基础中引入竖向预应力,使得混凝土梁板基础的混凝土处于受压状态,避免混凝土开裂,基础受力形式明确,力学性能优于传统钢制基础环埋入式独立扩展基础。将传统全钢制塔筒的下部替换为混凝土底段塔筒,混凝土底段塔筒与预应力混凝土梁板基础通过现浇混凝土分段施工,形成整体结构。混凝土底段塔筒位于塔架结构体系的底段,钢制塔段位于塔架结构体系的上段,二者之间通过钢制塔段连接。钢制塔段置于预应力混凝土底段塔筒的上方,通过预应力的施加,使得混凝土梁板基础以及混凝土底段塔筒均处于受压状态,达到塔筒混凝土结构混凝土不受拉,不会产生开裂现象的目的,大大提高预应力混凝土基础和塔筒的耐久性以及抗疲劳性能。上段钢制塔段与钢制连接塔段的上法兰通过高强螺栓连接,最终形成一个整体塔架。上部钢制塔段维持原有设计,可以避免高空混凝土施工的困难,也可以充分发挥预制钢制塔筒的优势。

[0014] 所述混凝土梁板基础包括底板、设在底板顶面中心的圆形的环壁、底板外边沿的纵向设置的边梁、连接边梁与环壁的大梁,所述竖向预应力锚固机构沿纵向穿过环壁而与底板连接。

[0015] 混凝土梁板基础分为以下两种:底板的形状为正多边形,且大梁与环壁的外壁相切;底板的形状为圆形,大梁沿底板径向布置。

[0016] 所述钢制过渡塔段的上端面安装钢制过渡塔段上法兰盘,钢制过渡塔段的下端面安装钢制过渡塔段下法兰盘。

[0017] 所述竖向预应力锚固机构包括沿圆周方向均匀设置的多个预应力张拉部件,该预

应力张拉部件顺次穿过混凝土底段塔筒和混凝土梁板基础的环壁,且预应力张拉部件的顶端锚固在钢制过渡塔段下法兰盘而底端锚固在混凝土梁板基础的底板上。钢制过渡塔段的下法兰盘充当预应力张拉部件的锚板。

[0018] 所述钢制过渡塔段下法兰盘设有供预应力张拉部件穿过的钢制过渡塔段下法兰盘预应力孔洞,所述混凝土底段塔筒设有供预应力张拉部件穿过的混凝土底段塔筒预应力孔道。

[0019] 所述预应力张拉部件为预应力钢绞线、预应力钢筋或预应力锚栓中的一种或多种。

[0020] 所述预应力混凝土底段塔筒沿环向设置内外两层竖向钢筋、环向钢筋以及水平向拉筋;所述预应力混凝土底段塔筒顶部设置钢筋网。

[0021] 所述紧固机构为连接钢制塔段下法兰盘与钢制过渡塔段上法兰盘的高强螺栓。

[0022] 与传统的全钢制塔筒以及钢筋混凝土独立扩展基础加钢制埋入式基础环结构体系相比,本实用新型所具有的有益效果是:本实用新型提出的风力发电塔架充分发挥预应力混凝土结构和钢结构的优点,通过与塔筒一道施加预应力和改进基础结构型式的措施,大大优化了基础的受力性能;采用预应力钢筋混凝土结构部分代替传统的全钢制塔筒结构,直接明显降低了塔筒的造价、降低维护费用;由于混凝土采用现场浇筑,运输工作量大大降低,同时降低了运输难度、风险性和费用;对运输道路的要求大为降低,大大降低了修建道路所带来的额外投资,降低了每单位发电功率的造价;由于采用部分采用预应力混凝土结构代替钢塔筒结构,提高了结构体系的刚度,塔顶在风荷载作用下的位移大大减少,能够减轻结构振动;塔架结构上段保持原有钢制塔筒设计,可以加快施工进度,也避免混凝土高空施工的困难;此外,这种新型组合结构体系避免了大直径全钢塔筒运输上的限制,可以满足更大发电功率风电塔架结构的需要。此外,由于混凝土结构的设计使用年限远远大于现有钢制塔筒的20年的设计使用年限,采用预应力混凝土塔筒和基础结构以后混凝土不开裂,能够大大改善结构体系的耐久性和抗疲劳特性,结构体系的生命期成本大大降低,延长结构的使用年限,大大提高收益率;在上部钢制塔筒达到设计使用年限时在保存下段预应力混凝土塔筒继续使用的情况下可以仅更换上部钢制塔筒即可继续产生发电效益,而且避免重建、增加工期带来的经济损失;预应力混凝土塔筒结构运行期间无需特殊维护,塔架的后期维护上的成本变低;预应力混凝土塔筒在成型后重量相比钢制塔筒大,对于风机塔架这种大偏心结构来说,有利于减小基础偏心荷载,有利于基础的抗倾覆稳定性。本实用新型对山区风场的风电建设具有十分重要的意义。

#### 附图说明

[0023] 图1为本实用新型实施例1的塔架结构图;

[0024] 图2为图1的半剖视图;

[0025] 图3为本实用新型实施例1中混凝土梁板基础的结构俯视图;

[0026] 图4为本实用新型实施例1中混凝土梁板基础与混凝土底段塔筒连接的结构主视图;

[0027] 图5为本实用新型实施例1中钢制过渡塔段与混凝土底段塔筒连接的结构示意图;

- [0028] 图 6 为本实用新型实施例 1 中钢制过渡段的结构示意图；
- [0029] 图 7 为本实用新型实施例 1 中制过渡塔段下法兰盘的结构示意图；
- [0030] 图 8 为本实用新型实施例 1 中钢制塔段、钢制过渡塔段与混凝土底段塔筒的连接结构示意图；
- [0031] 图 9 为本实用新型实施例 2 的塔架结构示意图；
- [0032] 图 10 为图 9 的半剖视图；
- [0033] 图 11 为本实用新型实施例 2 中混凝土梁板基础的结构俯视图；
- [0034] 图 12 为本实用新型实施例 2 中混凝土梁板基础与混凝土底段塔筒连接的结构主视图。

## 具体实施方式

### [0035] 实施例 1

[0036] 如图 1 所示,一种风力发电机塔架,由下至上依次包括混凝土梁板基础 1、混凝土底段塔筒 2、钢制过渡塔段 3、钢制塔段 4。混凝土梁板基础 1 与预应力混凝土底段塔筒 2 运用现浇混凝土分段浇筑,形成整体。

[0037] 如图 2 所示,混凝土底段塔筒 2、钢制过渡塔段 3、钢制塔段 4 均为空心圆筒状。

[0038] 如图 3 所示,混凝土梁板基础包括底板 18、设在底板 18 顶面中心的圆形的环壁 8、底板外边沿的纵向设置的边梁 17、连接边梁 17 与环壁 8 的大梁 16;环壁 8 中心轴线与混凝土底段塔筒 2 竖向中心线重合;底板 18 的形状为正八边形,大梁 16 与环壁 8 的外壁相切。

[0039] 如图 6 所示,钢制过渡塔段 3 的上端面安装钢制过渡塔段上法兰盘 12,钢制过渡塔段 3 的下端面安装钢制过渡塔段下法兰盘 10,如图 8 所示,钢制塔段下法兰盘 11 与钢制过渡塔段上法兰盘 12 通过螺栓 13 连接,钢制过渡塔段下法兰盘 10 上设有用于安装螺栓 13 的钢制过渡塔段下法兰盘螺纹孔 25。钢制过渡塔段下法兰盘 10 上设有用于塔顶混凝土浇筑以及振捣的灌浆孔洞 26。

[0040] 如图 4、图 5 所示,设有内外两层预应力张拉部件 5 顺次穿过混凝土底段塔筒 2 和混凝土梁板基础的环壁 8,环壁 8 的顶面为基础顶板 28,且预应力张拉部件 5 的顶端通过锚具 9 锚固在钢制过渡塔段下法兰盘 10 而底端通过锚具 27 锚固在混凝土梁板基础的底板 18 上。通过后张法张拉预应力,张拉完毕后向混凝土底段塔筒预应力孔道 19 内进行灌浆处理。

[0041] 所述预应力混凝土底段塔筒 2 沿环向设置内外两层竖向钢筋 20、环向钢筋 21 以及水平向拉筋 22;所述预应力混凝土底段塔筒 2 顶部设置钢筋网 23,钢制过渡塔段下法兰盘 10 下表面焊接锚固钢筋 24。

[0042] 如图 7 所示,钢制过渡塔段下法兰盘 10 设有供预应力张拉部件 5 穿过的钢制过渡塔段下法兰盘预应力孔洞 25,混凝土底段塔筒 2 设有供预应力张拉部件 5 穿过的混凝土底段塔筒预应力孔道 19。

[0043] 预应力张拉部件 5 为预应力钢绞线。

### [0044] 实施例 2

[0045] 如图 9、图 10 所示,一种风力发电机塔架,由下至上依次包括混凝土梁板基础 1、混凝土底段塔筒 2、钢制过渡塔段 3、钢制塔段 4。混凝土梁板基础 1 与预应力混凝土底段塔筒

2 运用现浇混凝土分段浇筑,形成整体。

[0046] 如图 11、图 12 所示,混凝土梁板基础包括底板 18、设在底板 18 顶面中心的圆形的环壁 8、底板外边沿的纵向设置的边梁 17、连接边梁 17 与环壁 8 的大梁 16 ;环壁 8 中心轴线与混凝土底段塔筒 2 竖向中心线重合 ;底板 18 的形状为圆形,大梁 16 沿底板 18 径向布置。

[0047] 其余结构与实施例 1 的结构一致。

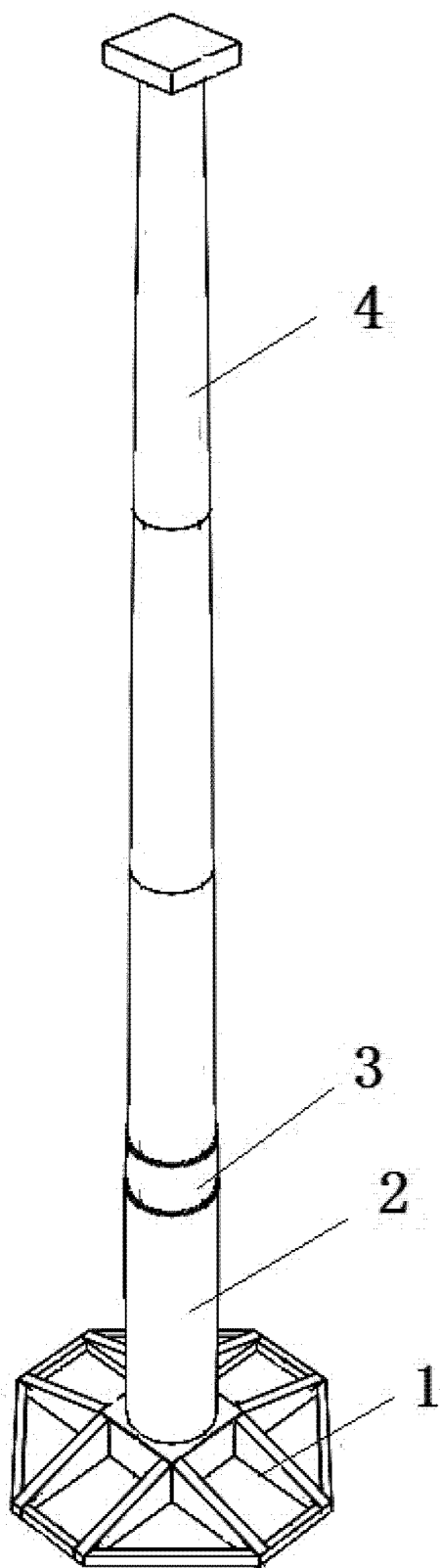


图 1

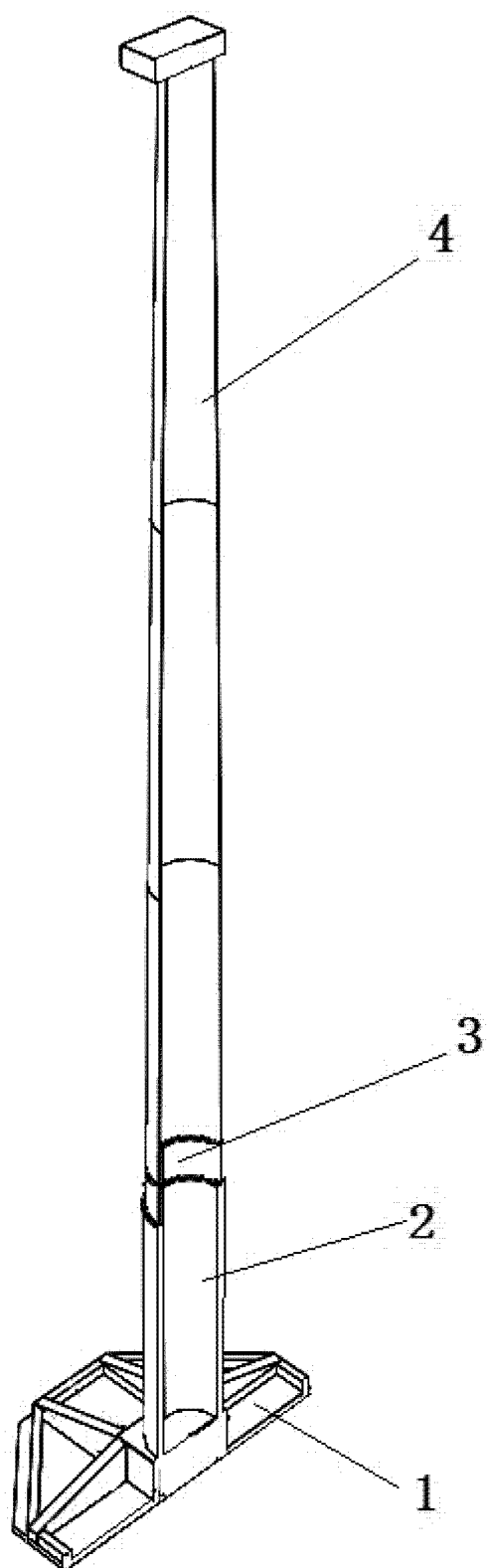


图 2

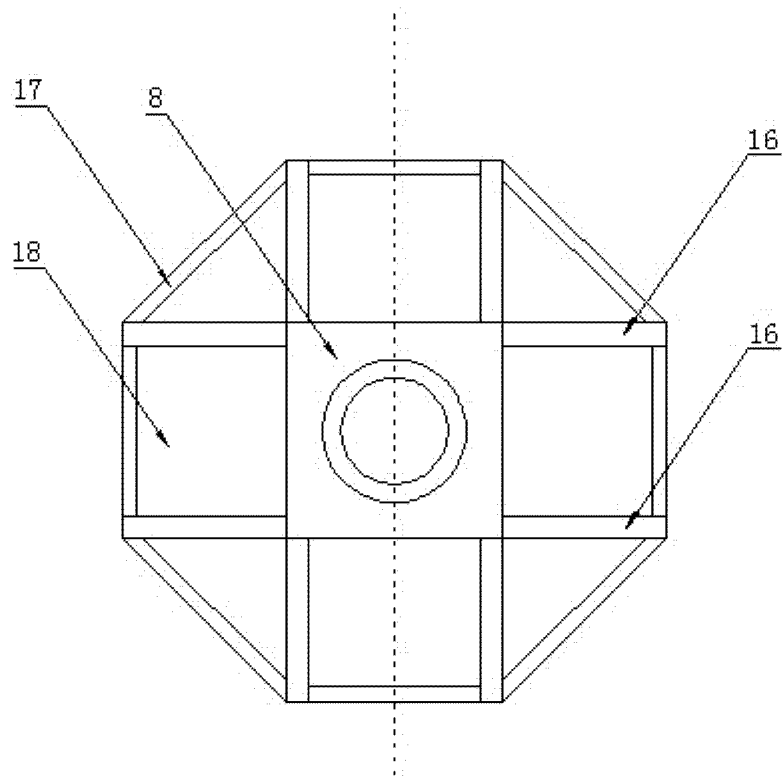


图 3

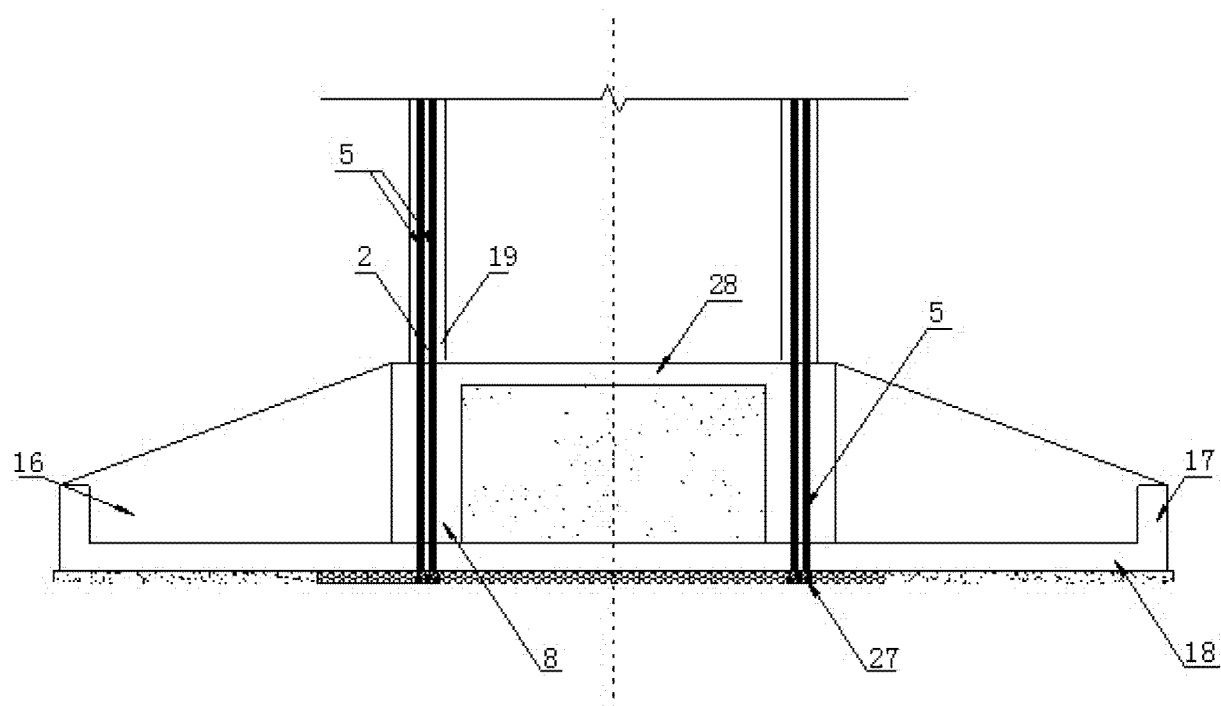


图 4

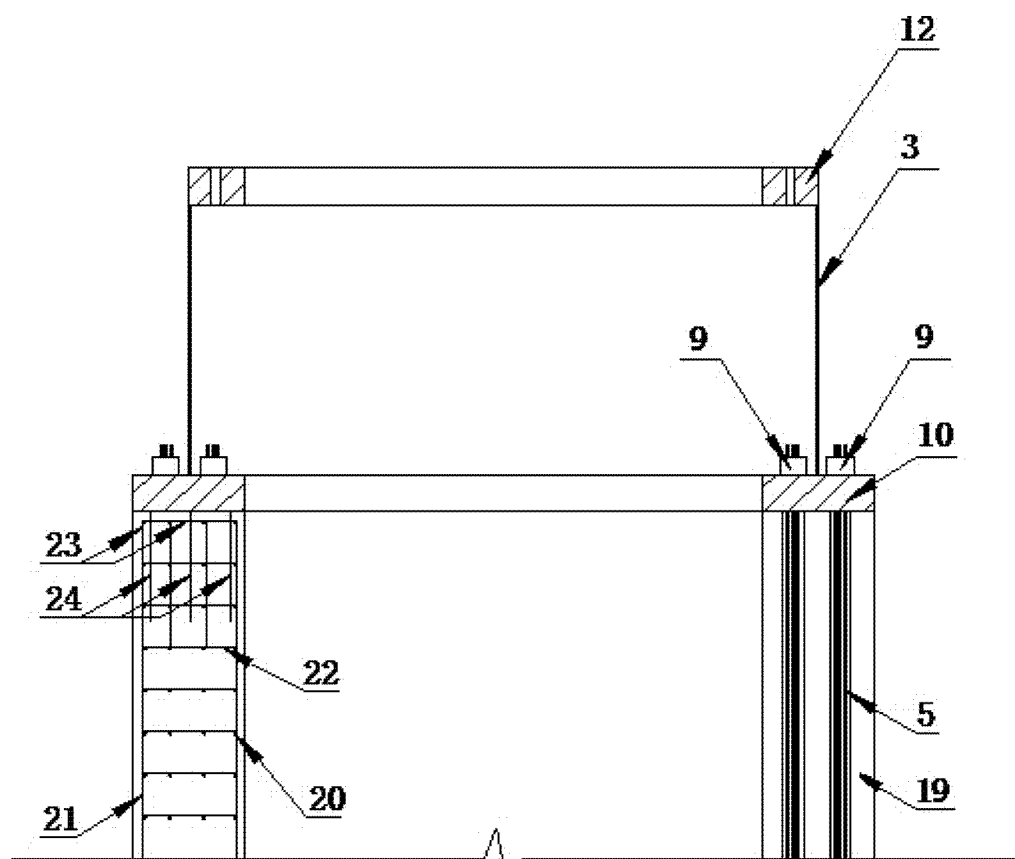


图 5

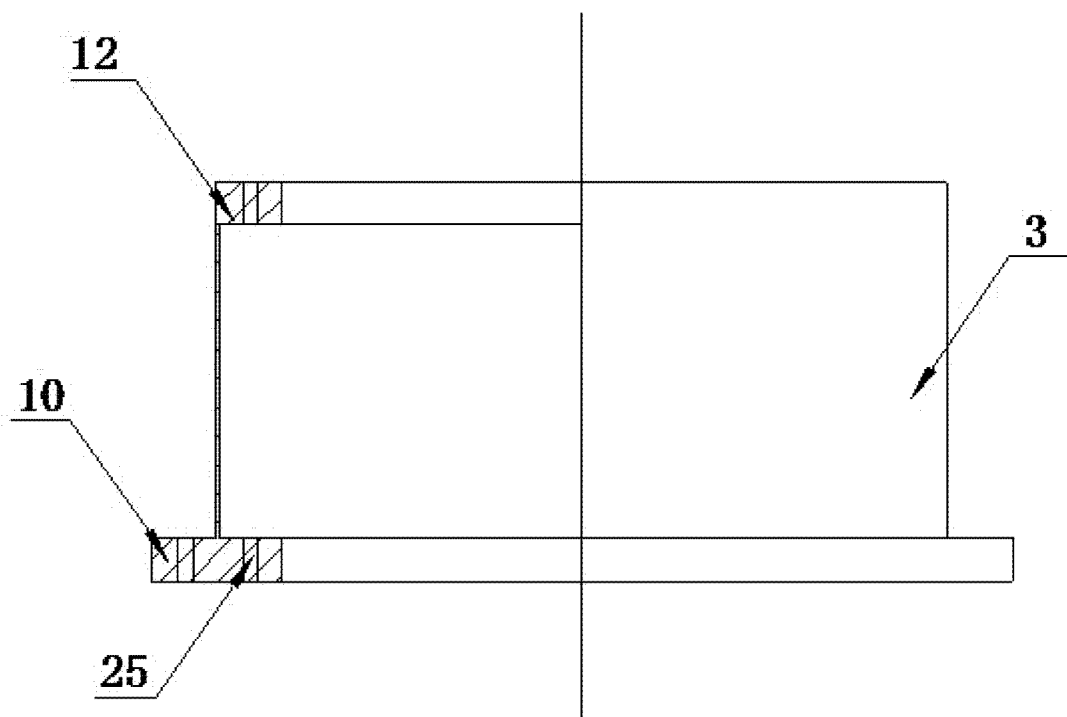


图 6

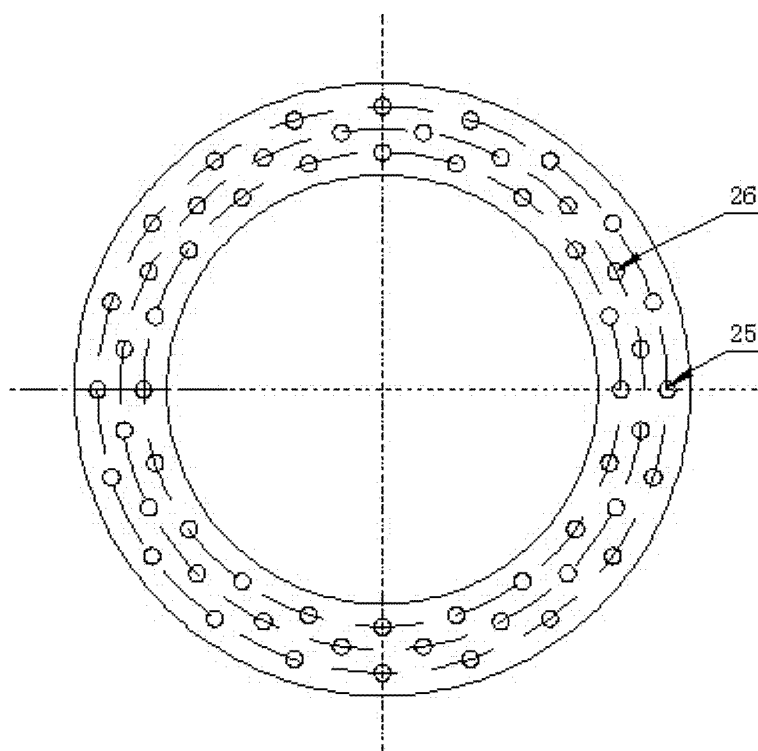


图 7

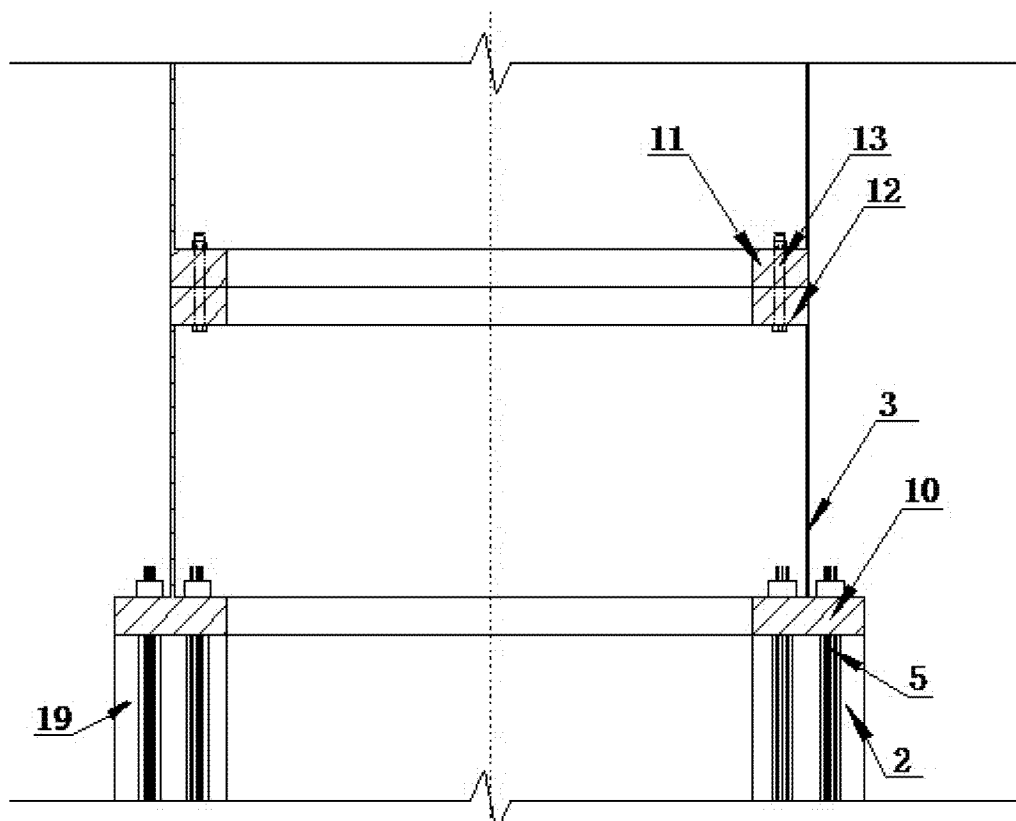


图 8

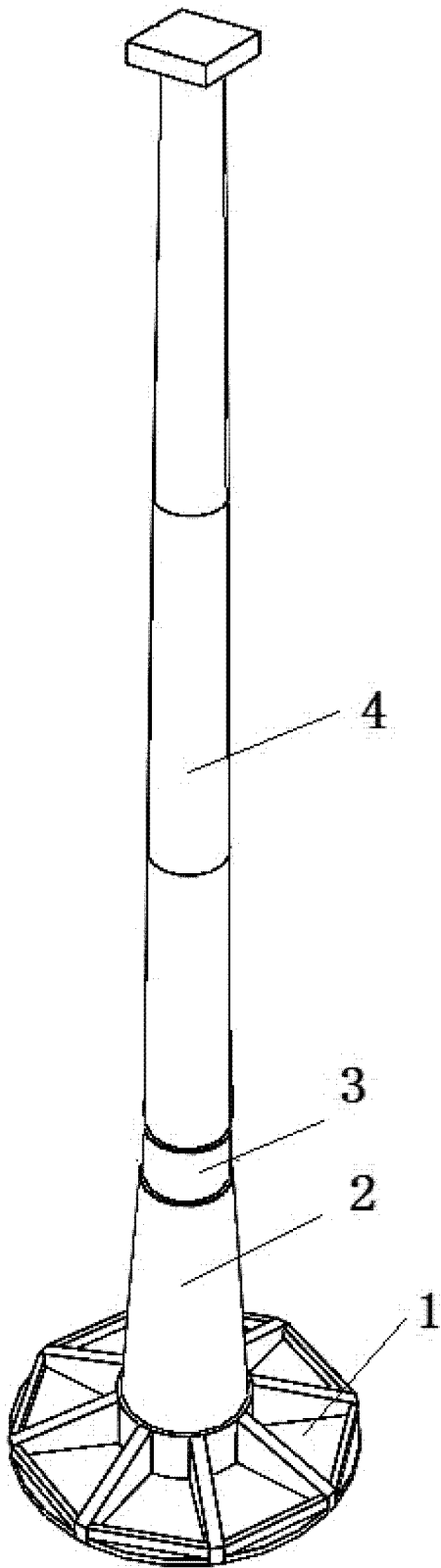


图 9

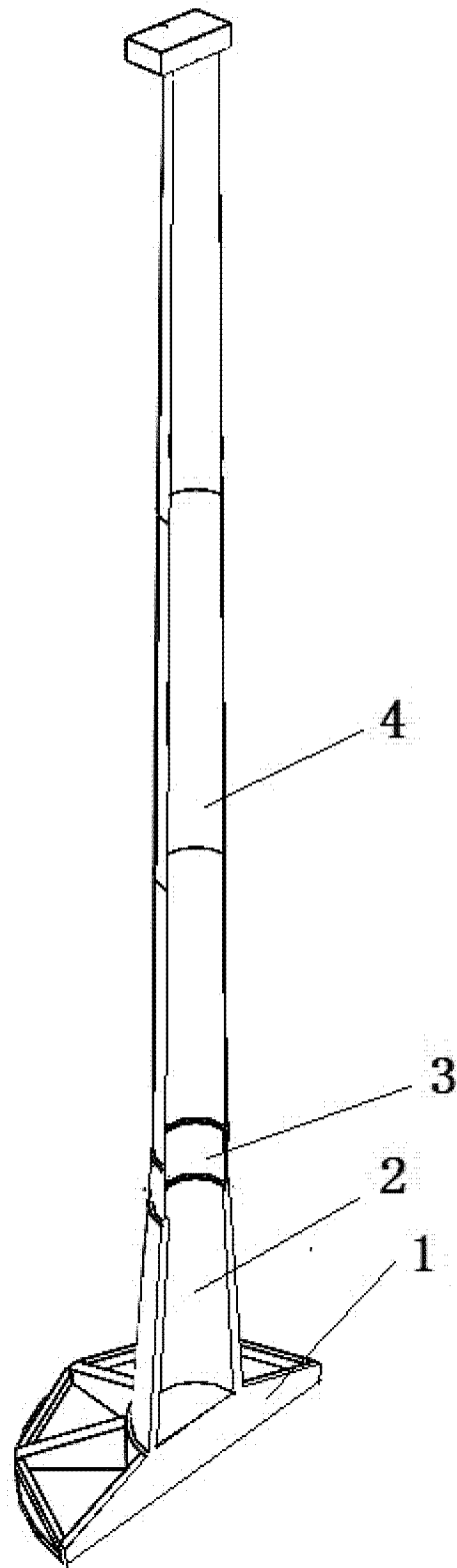


图 10

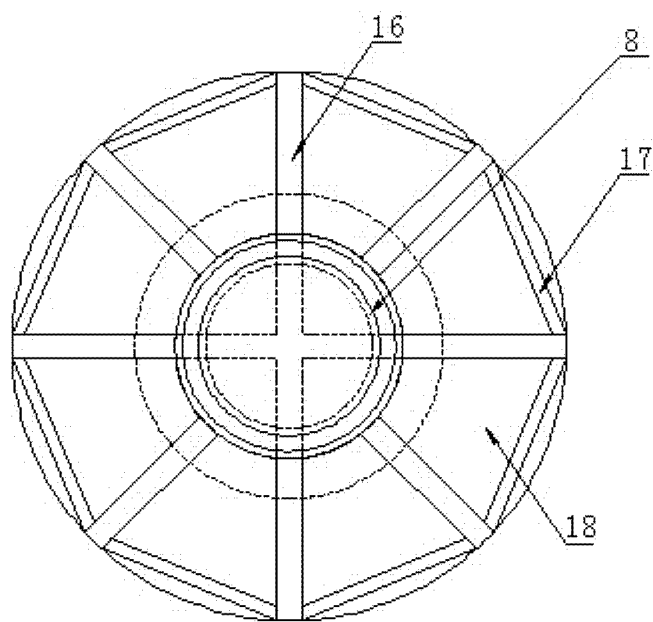


图 11

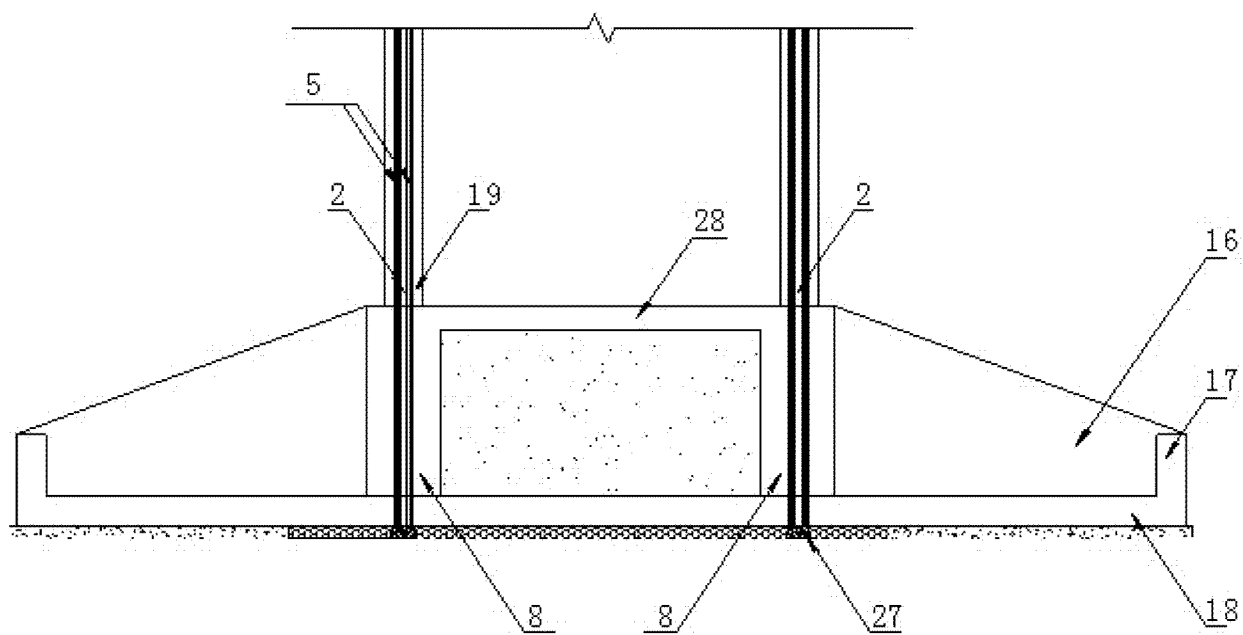


图 12