



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102610934 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 25

(21) 申请号 201210069710. 0

(22) 申请日 2012. 03. 16

(71) 申请人 中国十七冶集团有限公司

地址 243000 安徽省马鞍山市雨山区雨山东路 88 号

(72) 发明人 徐惠 许立军 杨兆林

(74) 专利代理机构 马鞍山市金桥专利代理有限公司 34111

代理人 奚志鹏

(51) Int. Cl.

H01R 4/66 (2006. 01)

H01R 4/44 (2006. 01)

H01R 11/07 (2006. 01)

H01R 43/00 (2006. 01)

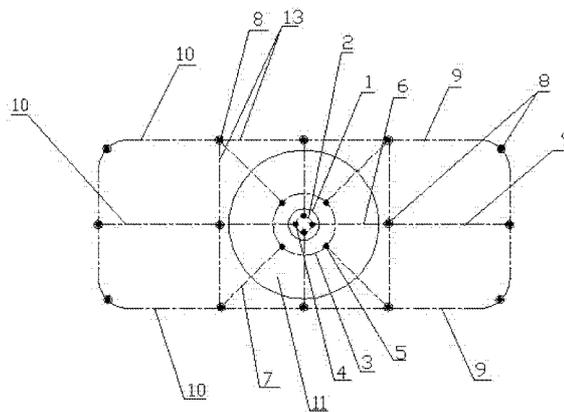
权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 4 页

## (54) 发明名称

一种降低风力发电机接地电阻的施工方法及装置

## (57) 摘要

本发明是一种降低风力发电机接地电阻的施工方法,属防雷接地施工方法及装置,其特征是利用风力发电机砼基础的钢筋网,在风力发电机的砼基础的内部使用热镀锌扁钢敷设水平内、外接地圈,在风力发电机砼基础的外侧敷设正方形水平接地网以及左、右两侧的延长水平网,同时安装各砼接地体作为辅助垂直接地极,组成风力发电机接地网;风力发电机砼基础内的水平内、外接地圈上的热镀锌扁钢与砼基础中的钢筋之间采用预埋防雷接地线固定夹对应相连接,使用安全可靠,有效地降低了风力发电机接地电阻,使风力发电机接地电阻达到设计要求,而且降低了施工成本,对周边土壤无污染,保护了环境。



1. 一种降低风力发电机接地电阻的施工方法：是利用风力发电机土建砼基础(11)的钢筋网，在风力发电机的砼基础(11)的内部使用热镀锌扁钢敷设水平内、外接地圈(2、3)，在风力发电机砼基础(11)的外侧地基中敷设正方形水平接地网(13)以及左、右两侧的延长水平网，同时安装各砼接地体(8)作为辅助垂直接地极，组成风力发电机接地网；而风力发电机砼基础(11)内的水平内、外接地圈(2、3)上的热镀锌扁钢与砼基础(11)的钢筋之间采用各预埋防雷接地线固定夹对应相连接；

该降低风力发电机接地电阻的施工步骤为：

风力发电机砼基础(11)为现浇砼结构，在风力发电机砼基础(11)的中心预埋风力发电机的基础环(1)，基础环(1)露出砼基础(11)的表面为40cm，在风力发电机砼基础(11)钢筋绑扎施工时，在基础环(1)内的下部钢筋上敷设水平内接地圈(2)，同时在该水平内接地圈(2)上圆周均布设置左、右、前、后四个内引出点(4)，从此四个内引出点(4)分别垂直向上引出四根引上干线(12)，同时，以此左右前后四个内引出点(4)为起始点分别穿过风力发电机砼基础(11)朝左、右、前、后四个方向水平外引四条接地内引出干线(6)，该水平内接地圈(2)和各引上干线(12)、各内引出干线(6)均采用热镀锌扁钢，各内引出点(4)的扁钢相互之间采用焊接连接，四根引上干线(12)中的任意三根分别与基础环(1)内侧的接地端对应焊接，另一根朝上与风力发电机塔筒的内接地端子或接地线排连接，这样就组成四个接地点；在基础环(1)外侧再敷设水平外接地圈(3)，该水平外接地圈(3)与基础环(1)内的水平内接地圈(2)呈同心圆，同时在该水平外接地圈(3)上圆周均布设置四个外引出点(5)，分别以这四个外引出点(5)为起始点向与左、右、前、后均呈45°夹角的方向水平引出四根接地外引出干线(7)，此水平外接地圈(3)和各外引出干线(7)均采用热镀锌扁钢，此水平外接地圈(3)与各外引出干线(7)之间均采用焊接连接，风力发电机砼基础(11)内部的两个水平接地圈：即水平内接地圈(2)和水平外接地圈(3)与砼基础(11)的钢筋之间以及此水平内、外接地圈(2、3)上分别引出的四根内引出干线(6)和外引出干线(7)与风力发电机砼基础(11)的钢筋之间均采用预埋防雷接地线固定夹相连接；

此外，在风力发电机砼基础(11)的外侧地基中采用热镀锌扁钢敷设一个正方形水平接地网(13)，使风力发电机砼基础(11)位于该正方形水平接地网(13)的中心，在正方形水平接地网(13)四角及每边中点上，均安装一个砼接地体(8)，即共安装八个砼接地体(8)，从风力发电机基础环(1)内的四个内引出点(4)引出的内引出干线(6)分别与正方形水平接地网(13)每边中点上的砼接地体(8)相对应焊接，从风力发电机砼基础(11)内的水平外接地圈(3)上引出的四根外引出干线(7)分别与正方形水平接地网(13)四个角点上的砼接地体(8)相对应焊接；从风力发电机砼基础(11)中的水平内接地圈(2)上的内引出点(4)到正方形水平接地网(13)每边中点上的砼接地体(8)之间的直线距离为6~10m，从位于正方形水平接地网(13)右侧的三个砼接地体(8)上分别用热镀锌扁钢做引出线，再分别向右水平引出三根长为15~20m的右引出线(9)，然后分别在各右引出线(9)的右端对应安装一个砼接地体(8)，并用热镀锌扁钢将这三个砼接地体(8)连接成一体；同样，从位于正方形水平接地网(13)左侧的三个砼接地体(8)上分别用热镀锌扁钢做引出线，再分别向左水平引出三根长为15~20m的左引出线(10)，然后分别在各左引出线(10)的左端对应安装一个砼接地体(8)，并用热镀锌扁钢将这三个砼接地体(8)连接成一体；至此，就形成了主要由风力发电机砼基础(11)内的两道水平接地网和风力发电机砼基础(11)外的一道正方

形水平接地网(13)以及左、右两侧的延长水平网组成的风力发电机接地网；

以上的各引出线,即内引出干线(6)、外引出干线(7)、右引出线(9)和左引出线(10)均采用热镀锌扁钢,埋深均为0.8~1m,且两扁钢段(15)之间均采用搭接连接,并用六角螺栓(18)紧固,即在各引出线扁钢段(15)的连接处,均开挖深1.4~1.6m的基坑,在需对应连接的两条扁钢段(15)上各钻一个螺栓孔,将搭接扁钢(16)的两头各钻一个相同孔径的螺栓孔,搭接扁钢(16)上的两个螺栓孔之间的间距与两条需连接的扁钢段(15)上的螺栓孔的间距相同,用镀锌六角螺栓(18)对应穿过搭接扁钢(16)和两条需连接扁钢段(15)上的螺栓孔,紧固六角螺栓(18),基坑四周用沙土回填,同时在基坑口处用一砼盖板(17)覆盖,而各水平扁钢与砼接地体(8)上的垂直接地极板(19)均为焊接连接。

2. 本发明所提出的一种砼接地体,其特征是:该砼接地体主要由垂直接地极板(19)、连接横筋(23)、钢筋笼(21)和砼柱体(20)组成,此砼柱体(20)呈圆柱体,直径为400~450mm、高为1.5~2.0m,此砼柱体(20)主要由水泥、铁屑或铁纤维和石墨粉搅拌而成的浇筑料浇筑而成,在此砼柱体(20)内埋设主要由垂直接地极板(19)、连接横筋(23)和钢筋笼(21)组焊而成的骨架,此钢筋笼(21)为网格状圆柱形笼,其长度与砼柱体(20)的长度一致,但此钢筋笼(21)的外直径小于砼柱体(20)的直径,此钢筋笼(21)由圆钢煨弯焊制而成,在此钢筋笼(21)的中心设置垂直接地极板(19),此垂直接地极板(19)的上端段外伸出钢筋笼(21),此垂直接地极板(19)用角钢制成,在此垂直接地极板(19)上由下至上地均布焊接连接横筋(23),各连接横筋(23)的两端均与钢筋笼(21)对应相焊接成一体；

现场安装时,先开挖本砼接地体的埋设基坑,此基坑深度应比本砼接地体的砼柱体(20)的高度大0.8~1m,先将本砼接地体竖向插入基坑中,再在垂直接地极板(19)的外伸端段上焊接水平接地干线(22),此水平接地干线(22)采用镀锌扁钢,也深埋在地下0.8~1m处,焊接后,清除焊渣,焊接点均采用沥青漆进行防腐处理,然后回填基坑,使本砼接地体埋在地面以下,在回填土中掺入导电性能较好的填料,如铁矿粉、铁矿渣、木炭、炉灰、电石渣和氮肥渣,以提高本砼接地体周围土壤的导电率。

3. 本发明所提出的预埋防雷接地线固定夹,其特征是:该预埋防雷接地线固定夹主要由上扣板(24)、中夹板(27)、下扣板(29)和紧固螺栓(28)组成,该上扣板(24)和下扣板(29)的结构相同且相向安装,此上扣板(24)主要由左圆弧形板(25)、右圆弧形板(26)和上球面压板(14)组成,此上扣板(24)的顶部为球面顶而底部为矩形底,该左圆弧形板(25)和右圆弧形板(26)均呈前后向设置且均带左右水平凸缘边,且此左圆弧形板(25)的右凸缘边与右圆弧形板(26)的左凸缘边制成一体并位于上扣板(24)的底中部,此各左右凸缘边的折弯处均为圆弧过渡,这样,此左圆弧形板(25)和右圆弧形板(26)的左、右凸缘边组成水平的矩形底面,此左圆弧形板(25)的内直径大但高度小于半圆,而右圆弧形板(26)内直径小但高度略大于半圆,此外,在左、右圆弧形板(25、26)交界部的上方又设置了与左、右圆弧形板(25、26)连成一体的上球面压板(14)形成球面顶,即该左、右圆弧形板(25、26)与上球面压板(14)之间是空腔的,在此上球面压板(14)的中部开设同时贯通左、右圆弧形板(25、26)交界部凸缘边的中心螺栓孔,左圆弧形板(25)的内腔用来按需安装水平内接地圈(2)和水平外接地圈(3)以及此水平内、外接地圈(2、3)上分别引出的四根内引出干线(6)和外引出干线(7)上的各扁钢段(15),而右圆弧形板(26)的内腔用来按需安装砼基础(11)中的钢筋,中夹板(27)为开设有中心通孔的矩形钢板,上扣板(24)底面朝下,其下部

安装中夹板(27),在中夹板(27)的下部安装底面朝上的下扣板(29),在上扣板(24)、下扣板(29)的中心螺栓孔中和中夹板(27)的中心通孔中对应穿装紧固螺栓(28)并拧紧螺母(30)而连成一体;

进行风力发电机基础防雷接地线安装时,当风力发电机砼基础(11)中的钢筋和扁钢段(15)相互平行时,即砼基础(11)中的钢筋和扁钢段(15)均为水平或垂直走向时,安装本固定夹的步骤:除去要安装在本固定夹中的砼基础(11)中的钢筋上的铁锈或尘土,将此钢筋穿入上扣板(24)的右圆弧形板的内腔中,然后安装中夹板(27),再将扁钢段(15)对应穿入下扣板(29)的左圆弧形板的内腔中,将扁钢段(15)和砼基础(11)中的钢筋分别安装在中夹板(27)的两侧,最后将紧固螺栓(28)穿过上扣板(24)、下扣板(29)的中心螺栓孔和中夹板(27)上的中心通孔,旋紧螺母(30)紧固连接成一体;

当砼基础(11)中的钢筋和扁钢段(15)相互垂直走向时,安装本固定夹的步骤:除去要安装在本固定夹中的砼基础(11)中的钢筋上的铁锈或尘土,将此钢筋装入上扣板(24)的右圆弧形板(26)的内腔中,然后安装中夹板(27),再将下扣板(29)旋转 $90^{\circ}$ ,将扁钢段(15)装入下扣板(29)的左圆弧形板(25)的内腔中,将扁钢段(15)和砼基础(11)中的钢筋分别安装在中夹板(27)的两侧,最后将固定螺栓(28)穿过上扣板(24)、下扣板(29)上的中心螺栓孔和中夹板(27)上的中心通孔,旋紧螺母(30)紧固连接成一体。

4. 根据权利要求2所述的砼接地体,其特征在于此钢筋笼(21)的外直径为300~350mm,此钢筋笼(21)由直径为8~10mm的圆钢煨弯焊制而成。

5. 根据权利要求2所述的砼接地体,其特征在于此垂直接地极板(19)用63×63×6mm的角钢制成。

6. 根据权利要求2所述的砼接地体,其特征在于此垂直接地极板(19)的上端段外伸量为200~250mm。

7. 根据权利要求2所述的砼接地体,其特征在于在垂直接地极板(19)上由下至上地均布焊接三道连接横筋(23)。

8. 根据权利要求2所述的砼接地体,其特征在于此连接横筋(23)为直径8~10mm的圆钢。

9. 根据权利要求3所述的预埋防雷接地线固定夹,其特征在于此上扣板(24)和下扣板(29)均为铸钢件。

## 一种降低风力发电机接地电阻的施工方法及装置

### 技术领域

[0001] 本发明属防雷接地施工方法及装置,尤其是涉及一种风力发电机防雷接地的施工方法及装置。

### 背景技术

[0002] 风能是一种新型可再生绿色能源,随着风力发电技术的广泛应用,风力发电机组的单机容量越来越大,相应的轮毂高度和叶轮直径不断增大,加之风电场选址对风资源的特殊要求,风电场一般建在山顶、孤岛、海滩和荒漠旷野等地区,地质条件复杂。风力发电机的高度和安装位置决定了其易遭受直接雷击的损害,因此,必须为风力发电机安装有效的接地保护装置;按照规范要求,衡量风力发电机机组接地系统是否符合要求,只有两个关键指标:接地网的平均半径 $\geq 10\text{m}$ ,单台机组的接地电阻 $\leq 4\Omega$ ;但在高土壤电阻率地区,风力发电机接地电阻很难达到设计要求,需采取降阻措施,传统的降阻方法有:多台风力发电机互联成接地网、换土、外引接地网、施用化学降阻剂、深埋接地体及采用接地模块等。但这些方法总存在一些弊端,或者污染土质,对生态环境也造成破坏,或者占用大面积的土地,或者降阻效果并不明显、不稳定、不仅增大了工程量,而且加大了施工成本。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的是提出一种降低风力发电机接地电阻的施工方法及装置,不仅使用安全可靠,有效地降低风力发电机接地电阻,使风力发电机接地电阻达到设计要求,而且降低施工成本,对周边土壤无污染,保护环境。

[0004] 本发明的目的是这样来实现的:一种降低风力发电机接地电阻的施工方法是利用风力发电机砼基础的钢筋网,在风力发电机的砼基础的内部使用热镀锌扁钢敷设水平内、外接地圈,在风力发电机砼基础的外侧地基中敷设正方形水平接地网以及左、右两侧的延长水平网,同时安装各砼接地体作为辅助垂直接地极,组成风力发电机接地网;风力发电机砼基础内的水平内、外接地圈上的热镀锌扁钢与砼基础钢筋之间采用预埋防雷接地线固定夹对应相连接。

[0005] 该降低风力发电机接地电阻的施工步骤为:风力发电机砼基础为现浇砼结构,在风力发电机砼基础的中心预埋风力发电机的基础环,此基础环露出砼基础表面为 $40\text{cm}$ ,在风力发电机砼基础钢筋绑扎施工时,在基础环内的下部钢筋上敷设水平内接地圈,同时在该水平内接地圈上圆周均布设置左、右、前、后四个内引出点,从此四个内引出点分别垂直向上引出四根引上干线,同时,以此左右前后四个内引出点为起始点分别穿过风力发电机砼基础朝左、右、前、后(按地理方位为:东、西、北、南)四个方向水平外引四条接地内引出干线,该水平内接地圈和各引上干线、各内引出干线均采用热镀锌扁钢,各内引出点的扁钢相互之间采用焊接连接,四根引上干线中的任意三根分别与基础环内侧的接地端对应焊接,另一根朝上与风力发电机塔筒的内接地端子或接地线排连接,这样就组成四个接地点,当风力发电机遭受雷击时可通过此四个接地点实现雷电流的泄放;同时,在基础环外侧再敷

设水平外接地圈,该水平外接地圈与基础环内的水平内接地圈呈同心圆,同时在该水平外接地圈上圆周均布设置四个外引出点,分别以这四个外引出点为起始点向与左、右、前、后均呈 $45^{\circ}$ 夹角(按地理方位为:正东北、正东南、正西南、正西北)的方向水平引出四根接地外引出干线,此水平外接地圈和各外引出干线均采用热镀锌扁钢,此水平外接地圈与各外引出干线之间均采用焊接连接,风力发电机砼基础内部的两个水平接地圈:即水平内接地圈和水平外接地圈与砼基础的钢筋之间以及此二个水平接地圈上分别引出的四根内引出干线和外引出干线与风力发电机砼基础钢筋之间均采用预埋防雷接地线固定夹相连接。

[0006] 此外,在风力发电机砼基础的外侧采用热镀锌扁钢敷设一个正方形水平接地网,使风力发电机砼基础位于该正方形水平接地网的中心,在正方形水平接地网四角及每边中点上,均安装一个专用的砼接地体,即共安装八个砼接地体,从风力发电机基础环内的四个内引出点引出的内引出干线分别与正方形水平接地网每边中点上的砼接地体相对应焊接,从风力发电机砼基础内的水平外接地圈上引出的四根外引出干线分别与正方形水平接地网四个角点上的砼接地体相对应焊接;从风力发电机砼基础中的水平内接地圈上的内引出点到正方形水平接地网每边中点上的砼接地体之间的直线距离为 $6\sim 10\text{m}$ ,从位于正方形水平接地网右侧的三个砼接地体上分别用热镀锌扁钢做引出线,再分别向右水平引出三根长为 $15\sim 20\text{m}$ 的右引出线,然后分别在各右引出线的右端对应安装一个砼接地体,并用热镀锌扁钢将这三个砼接地体连接成一体;同样,从位于正方形水平接地网左侧的三个砼接地体上分别用热镀锌扁钢做引出线,再分别向左水平引出三根长为 $15\sim 20\text{m}$ 的左引出线,然后分别在各左引出线的左端对应安装一个砼接地体,并用热镀锌扁钢将这三个砼接地体连接成一体;至此,就形成了主要由风力发电机砼基础内的两道水平接地圈和风力发电机砼基础外一道正方形水平接地网以及左、右两侧的延长水平网组成的风力发电机接地网,同时安装了十四个砼接地体作为辅助垂直接地极。

[0007] 以上的各引出线(内引出干线、外引出干线、右引出线和左引出线)均采用热镀锌扁钢,埋深均为 $0.8\sim 1\text{m}$ ,且两两扁钢段之间均采用搭接连接,并用六角螺栓紧固,即在各引出线扁钢段的连接处,均开挖深 $1.4\sim 1.6\text{m}$ 的基坑,在需对应连接的两条扁钢段上各钻一个螺栓孔,将搭接扁钢的两头各钻一个相同孔径的螺栓孔,搭接扁钢上的两个螺栓孔之间的间距与两条需连接的扁钢段上的螺栓孔的间距相同,用镀锌六角螺栓对应穿过搭接扁钢和两条需连接扁钢段上的螺栓孔,紧固六角螺栓,基坑四周用沙土回填,同时在基坑口处用一砼盖板覆盖,而各水平扁钢与砼接地体上的垂直接地极板均为焊接连接。

[0008] 施工中使用了本发明所提出的一种砼接地体,其特征是:该砼接地体主要由垂直接地极板、连接横筋、钢筋笼和砼柱体组成,此砼柱体呈圆柱体,直径为 $400\sim 450\text{mm}$ 、高为 $1.5\sim 2.0\text{m}$ ,此砼柱体主要由水泥、铁屑或铁纤维和石墨粉搅拌而成的浇筑料浇筑而成,在此砼柱体内埋设主要由接地极板、连接横筋和钢筋笼组焊而成的骨架,此钢筋笼为网格式圆柱形笼,其长度与砼柱体的长度一致,但此钢筋笼的外直径小于砼柱体的直径,此钢筋笼的外直径可为 $300\sim 350\text{mm}$ ,此钢筋笼由圆钢煨弯焊制而成,此钢筋笼尤以直径为 $8\sim 10\text{mm}$ 的圆钢煨弯焊制而成,在此钢筋笼的中心设置垂直接地极板,此垂直接地极板的上端段外伸出钢筋笼,此垂直接地极板上端段的伸出量可为 $200\sim 250\text{mm}$ ,此垂直接地极板用角钢制成,此垂直接地极板以用 $63\times 63\times 6\text{mm}$ 的角钢制成为佳,在此垂直接地极板上由下至上地均布焊接连接横筋,又以在此垂直接地极板上由下至上地均布焊接三道连接横筋为佳,各

连接横筋的两端均与钢筋笼对应相焊接成一体,此连接横筋可为直径 8 ~ 10mm 的圆钢。

[0009] 现场安装时,先开挖本砼接地体的埋设基坑,此基坑的深度应比本砼接地体的砼柱体的高度大 0.8 ~ 1m,先将本砼接地体竖向插入基坑中,再在垂直接地极板的外伸端段上焊接水平接地干线,此水平接地干线采用镀锌扁钢,也深埋在地下 0.8 ~ 1m 处,焊接后,清除焊渣,焊接点均采用沥青漆进行防腐处理,然后回填基坑,使本砼接地体埋在地面以下,在回填土中掺入导电性能较好的填料,如铁矿粉、铁矿渣、木炭,炉灰,电石渣和氮肥渣,以提高本砼接地体周围土壤的导电率,有效地降低了风力发电机的接地电阻。

[0010] 施工中使用了本发明所提出的预埋防雷接地线固定夹,其特征是:该预埋防雷接地线固定夹主要由上扣板、中夹板、下扣板和紧固螺栓组成,该上扣板和下扣板的结构相同且相向安装,现以上扣板为例加以说明;此上扣板主要由左圆弧形板、右圆弧形板和上球面压板组成,此上扣板的顶部为球面顶而底部为矩形底,该左圆弧形板和右圆弧形板均呈前后向设置且均带左右水平凸缘边(翻边),且此左圆弧形板的右凸缘边与右圆弧形板的左凸缘边制成一体并位于上扣板的底中部,此各左右凸缘边的折弯处均为圆弧过渡,这样,此左圆弧形板和右圆弧形板的左右凸缘边组成水平的矩形底面,此左圆弧形板的内直径大但高度小于半圆,而右圆弧形板内直径小但高度略大于半圆,此外,在左、右圆弧形板交界部的上方又设置了与左、右圆弧形板连成一体的上球面压板形成球面顶,即该左、右圆弧形板与上球面压板之间是空腔的,在此上球面压板的中部开设同时贯通左、右圆弧形板交界部凸缘边的中心螺栓通孔,左圆弧形板的内腔用来按需安装水平内接地圈和水平外接地圈以及此二个水平接地圈上分别引出的四根内引出干线和外引出干线的各扁钢段,而右圆弧形板的内腔用来按需安装装砼基础中的钢筋,此上扣板和下扣板均可为铸钢件,中夹板为开设有中心通孔的矩形钢板,上扣板底面朝下,其下部安放中夹板,在中夹板的下部安装底面朝上的下扣板,在上扣板、下扣板和中夹板的中心孔中对应穿装紧固螺栓并拧紧螺母而连成一体。

[0011] 进行风力发电机基础防雷接地线安装时,当风力发电机混凝土基础的钢筋和扁钢段相互平行时(即:基础钢筋和扁钢段均水平或垂直走向时),安装本固定夹的步骤:除去要安装在本固定夹中的砼基础钢筋上的铁锈或尘土,将砼基础钢筋穿入上扣板的右圆弧形板的内腔中,然后安装中夹板,再将扁钢段对应穿入下扣板的左圆弧形板的内腔中,注意将扁钢段和砼基础钢筋分别安装在中夹板的两侧,最后将紧固螺栓穿过上扣板、中夹板和下扣板上的中心孔,旋紧螺母紧固连接成一体。

[0012] 当砼基础钢筋和扁钢段相互垂直走向时,安装本固定夹的步骤:除去要安装在本固定夹中的砼基础钢筋上的铁锈或尘土,将此砼基础钢筋装入上扣板的右圆弧形板的内腔中,然后安装中夹板,再将下扣板旋转 90°,将扁钢段装入下扣板的左圆弧形板的内腔中,注意将扁钢段和砼基础钢筋分别安装在中夹板的两侧,最后将固定螺栓穿过上扣板、中夹板和下扣板上的中心孔,旋紧螺母紧固连接成一体,安装方便、施工效率高。

[0013] 本发明所提出的一种降低风力发电机接地电阻的施工方法及装置,使用安全可靠,利用风力发电机砼基础自然接地体,采用水平接地网与垂直辅助接地极组成联合地网,同时在预制的砼接地体中添加铁屑、石墨,极大的增强砼接地体的导电性能,在砼接地体中心预埋垂直接地极板(镀锌钢管或角钢)和钢筋笼,增强砼接地体的强度和便于引接地线,垂直接地极板周边回填土中添加导电填料,增加砼接地体周围土壤的导电率,其次该砼接

地体深埋于土壤中,不会因雨水流失而影响它的降阻效果,因此接地电阻值稳定,有效地降低风力发电机接地电阻,使风力发电机接地电阻达到设计要求,同时对周边土壤无污染,保护了环境,降低了施工成本。

[0014] 现结合附图和实施例对本发明所提出的一种降低风力发电机接地电阻的施工方法及装置作进一步说明。

### 附图说明

[0015] 图 1 是本发明所提出的一种降低风力发电机接地电阻的施工方法的施工平面示意图。

[0016] 图 2 是本发明所提出的一种降低风力发电机接地电阻的施工方法的施工主剖面示意图。

[0017] 图 3 是本发明所提出的一种降低风力发电机接地电阻的施工方法的扁钢段的搭接剖面示意图。

[0018] 图 4 是本发明所提出的砼接地体的主剖视示意图。

[0019] 图 5 是本发明所提出的预埋防雷接地线固定夹的主视示意图。

[0020] 图 1-图 5 中 :1、基础环 2、水平内接地圈 3、水平外接地圈 4、内引出点 5、外引出点 6、内引出干线 7、外引出干线 8、砼接地体 9、右引出线 10、左引出线 11、砼基础 12、引上干线 13、正方形水平接地网 14、上球面压板 15、扁钢段 16、搭接扁钢 17、砼盖板 18、六角螺栓 19、垂直接地极板 20、砼柱体 21、钢筋笼 22、水平接地干线 23、连接横筋 24、上扣板 25、左圆弧形板 26、右圆弧形板 27、中夹板 28、紧固螺栓 29、下扣板 30、螺母。

### 具体实施方式

#### 实施例

[0021] 山西大同阳高长城 49.5MW 风电工程,采用本发明提出的一种降低风力发电机接地电阻的施工方法及装置进行施工,一种降低风力发电机接地电阻的施工方法是利用风力发电机砼基础 11 中的钢筋网,在风力发电机的砼基础 11 的内部使用热镀锌扁钢敷设水平内、外接地圈 2、3,在风力发电机砼基础 11 的外侧地基中敷设正方形水平接地网 13 以及左、右两侧的延长水平网,同时安装各砼接地体 8 作为辅助垂直接地极,组成风力发电机接地网;风力发电机砼基础 11 内的水平内、外接地圈 2、3 上的热镀锌扁钢与砼基础 11 中的钢筋之间采用预埋防雷接地线固定夹对应相连接。

[0022] 该降低风力发电机接地电阻的施工步骤为:风力发电机砼基础 11 为现浇砼结构,在风力发电机砼基础 11 的中心预埋风力发电机的基础环 1,基础环 1 露出砼基础 11 的表面为 40cm,在风力发电机砼基础 11 钢筋绑扎施工时,在基础环 1 内的下部钢筋上敷设水平内接地圈 2,同时在该水平内接地圈 2 上圆周均布设置左、右、前、后四个内引出点 4,从此四个内引出点 4 分别垂直向上引出四根引上干线 12,同时,以此左右前后四个内引出点 4 为起始点分别穿过风力发电机砼基础 11 朝左、右、前、后(按地理方位为:东、西、北、南)四个方

向水平外引四条接地内引出干线 6,该水平内接地圈 2 和各引上干线 12、各内引出干线 6 均采用热镀锌扁钢,各内引出点 4 的扁钢相互之间采用焊接连接,四根引上干线 12 中的任意三根分别与基础环 1 内侧的接地端对应焊接,另一根朝上与风力发电机塔筒的内接地端子或接地线排连接,这样就组成四个接地点,当风力发电机遭受雷击时可通过此四个接地点实现雷电流的泄放;同时,在基础环 1 外侧再敷设水平外接地圈 3,该水平外接地圈 3 与基础环 1 内的水平内接地圈 2 呈同心圆,同时在该水平外接地圈 3 上圆周均布设置四个外引出点 5,分别以这四个外引出点 5 为起始点向与左、右、前、后均呈 45° 夹角(按地理方位为:正东北、正东南、正西南、正西北)的方向水平引出四根接地外引出干线 7,此水平外接地圈 3 和各外引出干线 7 均采用热镀锌扁钢,此水平外接地圈 3 与各外引出干线 7 之间均采用焊接连接,风力发电机砼基础 11 内部的两个水平接地圈:即水平内接地圈 2 和水平外接地圈 3 与砼基础 11 的钢筋之间以及此水平内、外接地圈 2、3 上分别引出的四根内引出干线 6 和外引出干线 7 与风力发电机砼基础 11 的钢筋之间均采用预埋防雷接地线固定夹相连接。

[0023] 此外,在风力发电机砼基础 11 的外侧采用热镀锌扁钢敷设一个正方形水平接地网 13,使风力发电机砼基础 11 位于该正方形水平接地网 13 的中心,在正方形水平接地网 13 四角及每边中点上,均安装一个专用的砼接地体 8,即共安装八个砼接地体 8,从风力发电机基础环 1 内的四个内引出点 4 引出的内引出干线 6 分别与正方形水平接地网 13 每边中点上的砼接地体 8 相对应焊接,从风力发电机砼基础 11 内的水平外接地圈 3 上引出的四根外引出干线 7 分别与正方形水平接地网 13 四个角点上的砼接地体 8 相对应焊接;从风力发电机砼基础 11 中的水平内接地圈 2 上的内引出点 4 到正方形水平接地网 13 每边中点上的砼接地体 8 之间的直线距离为 10m,从位于正方形水平接地网 13 右侧的三个砼接地体 8 上分别用热镀锌扁钢做引出线,再分别向右水平引出三根长为 20m 的右引出线 9,然后分别在各右引出线 9 的右端对应安装一个砼接地体 8,并用热镀锌扁钢将这三个砼接地体 8 连接成一体;同样,从位于正方形水平接地网 13 左侧的三个砼接地体 8 上分别用热镀锌扁钢做引出线,再分别向左水平引出三根长为 20m 的左引出线 10,然后分别在各左引出线 10 的左端对应安装一个砼接地体 8,并用热镀锌扁钢将这三个砼接地体 8 连接成一体;至此,就形成了主要由风力发电机砼基础 11 内的两道水平内、外接地圈 2、3 和风力发电机砼基础 11 外一道正方形水平接地网 13 以及左、右两侧的延长水平网组成的风力发电机接地网,同时安装了十四个砼接地体 8 作为辅助垂直接地极。

[0024] 以上的各引出线(内引出干线 6、外引出干线 7、右引出线 9 和左引出线 10)均采用热镀锌扁钢,埋深均为 1m,且两扁钢段 15 之间均采用搭接连接(见图 3),并用六角螺栓 18 紧固,即在各引出线扁钢段 15 的连接处,均开挖深 1.6m 的基坑,在需对应连接的两条扁钢段 15 上各钻一个螺栓孔,将搭接扁钢 16 的两头各钻一个相同孔径的螺栓孔,搭接扁钢 16 上的两个螺栓孔之间的间距与两条需连接的扁钢段 15 上的螺栓孔的间距相同,用镀锌六角螺栓 18 对应穿过搭接扁钢 16 和两条需连接扁钢段 15 上的螺栓孔,紧固六角螺栓 18,基坑四周用沙土回填,同时在基坑口处用一砼盖板 17 覆盖,而各水平扁钢与砼接地体 8 上的垂直接地极板 19 均为焊接连接。

[0025] 施工中使用了本发明所提出的一种砼接地体(见图 4),其特征是:该砼接地体主要由垂直接地极板 19、连接横筋 23、钢筋笼 21 和砼柱体 20 组成,此砼柱体 20 呈圆柱体,直径为 450mm、高为 2.0m,此砼柱体 20 主要由水泥、铁屑或铁纤维和石墨粉搅拌而成的浇筑料

浇筑而成,在此砼柱体 20 内埋设主要由垂直接地极板 19、连接横筋 23 和钢筋笼 21 组焊而成的骨架,此钢筋笼 21 为网格式圆柱形笼,其长度与砼柱体 20 的长度一致,但此钢筋笼 21 的外直径小于砼柱体 20 的直径,此钢筋笼 21 的外直径为 350mm,此钢筋笼 21 由圆钢煨弯焊制而成,且此钢筋笼 21 以直径为 10mm 的圆钢煨弯焊制而成,在此钢筋笼 21 的中心设置垂直接地极板 19,此垂直接地极板 19 的上端段外伸出钢筋笼 21,此垂直接地极板 19 上端段的伸出量为 250mm,此垂直接地极板 19 用 63×63×6mm 的角钢制成,在此垂直接地极板 19 上由下至上地均布焊接连接横筋 23,且在此垂直接地极板 19 上由下至上地均布焊接三道连接横筋 23,各连接横筋 23 的两端均与钢筋笼 21 对应相焊接成一体,此连接横筋 23 为直径 10mm 的圆钢。

[0026] 现场安装时,先开挖本砼接地体的埋设基坑,此基坑深度应比本砼接地体的砼柱体(20)的高度大 1m,先将本砼接地体竖向插入基坑中,再在垂直接地极板 19 的外伸端段上焊接水平接地干线 22,此水平接地干线 22 采用镀锌扁钢,也深埋在地下 1m 处,焊接后,清除焊渣,焊接点均采用沥青漆进行防腐处理,然后回填基坑,使本砼接地体埋在地面以下,在回填土中掺入导电性能较好的填料,如铁矿粉、铁矿渣、木炭,炉灰,电石渣和氮肥渣,以提高本砼接地体周围土壤的导电率,有效地降低了风力发电机的接地电阻。

[0027] 施工中使用了本发明所提出的预埋防雷接地线固定夹(见图 5),其特征是:该预埋防雷接地线固定夹主要由上扣板 24、中夹板 27、下扣板 29 和紧固螺栓 28 组成,该上扣板 24 和下扣板 29 的结构相同且相向安装,现以上扣板 24 为例加以说明;此上扣板 24 主要由左圆弧形板 25、右圆弧形板 26 和上球面压板 14 组成,此上扣板 24 的顶部为球面顶而底部为矩形底,该左圆弧形板 25 和右圆弧形板 26 均呈前后向设置且均带左右水平凸缘边(翻边),且此左圆弧形板 25 的右凸缘边与右圆弧形板 26 的左凸缘边制成一体并位于上扣板 24 的底中部,此各左右凸缘边的折弯处均为圆弧过渡,这样,此左圆弧形板 25 和右圆弧形板 26 的左右凸缘边组成水平的矩形底面,此左圆弧形板 25 的内直径大但高度小于半圆,而右圆弧形板 26 内直径小但高度略大于半圆,此外,在左、右圆弧形板 25、26 交界部的上方又设置了与左、右圆弧形板 25、26 连成一体的上球面压板 14 形成球面顶,即该左、右圆弧形板 25、26 与上球面压板 14 之间是空腔的,在此上球面压板 14 的中部开设同时贯通左、右圆弧形板 25、26 交界部凸缘边的中心螺栓孔,左圆弧形板 25 的内腔用来按需安装水平内接地圈 2 和水平外接地圈 3 以及此二个水平接地圈上分别引出的四根内引出干线 6 和外引出干线 7 的各扁钢段 15,而右圆弧形板 26 的内腔用来按需安装砼基础 11 中的钢筋,此上扣板 24 和下扣板 29 均可为铸钢件,中夹板 27 为开设有中心通孔的矩形钢板,上扣板 24 底面朝下,其下部安放中夹板 27,在中夹板 27 的下部安装底面朝上的下扣板 29,在上扣板 24、下扣板 29 的中心螺栓孔和中夹板 27 的中心通孔中对应穿装紧固螺栓 28 并拧紧螺母 30 而连成一体。

[0028] 进行风力发电机基础防雷接地线安装时,当风力发电机砼基础 11 中的钢筋和扁钢段 15 相互平行时,(即:砼基础 11 中的钢筋和扁钢段 15 均水平或垂直走向时),安装本固定夹的步骤:除去要安装在本固定夹中的砼基础 11 中的钢筋上的铁锈或尘土,将此钢筋穿入上扣板 24 的右圆弧形板 26 的内腔中,然后安装中夹板 27,再将扁钢段 15 对应穿入下扣板 29 的左圆弧形板 25 的内腔中,注意将扁钢段 15 和砼基础 11 中的钢筋分别安装在中夹板 27 的两侧,最后将紧固螺栓 28 穿过上扣板 24、下扣板 29 的中心螺栓孔和中夹板 27 的中

心通孔,旋紧螺母 30 紧固连接成一体。

[0029] 当砼基础 11 中的钢筋和扁钢段 15 为相互垂直走向时,安装本固定夹的步骤:除去要安装在本固定夹中的砼基础 11 中的钢筋上的铁锈或尘土,将此钢筋装入上扣板 24 的右圆弧形板 26 的内腔中,然后安装中夹板 27,再将下扣板 29 旋转 90°,将扁钢段 15 装入下扣板 29 的左圆弧形板 25 的内腔中,注意将扁钢段 15 和砼基础 11 中的钢筋分别安装在中夹板 27 的两侧,最后将固定螺栓 28 穿过上扣板 24、下扣板 29 的中心螺栓孔和中夹板 27 上的中心通孔,旋紧螺母 30 紧固连接成一体,安装方便、施工效率高。

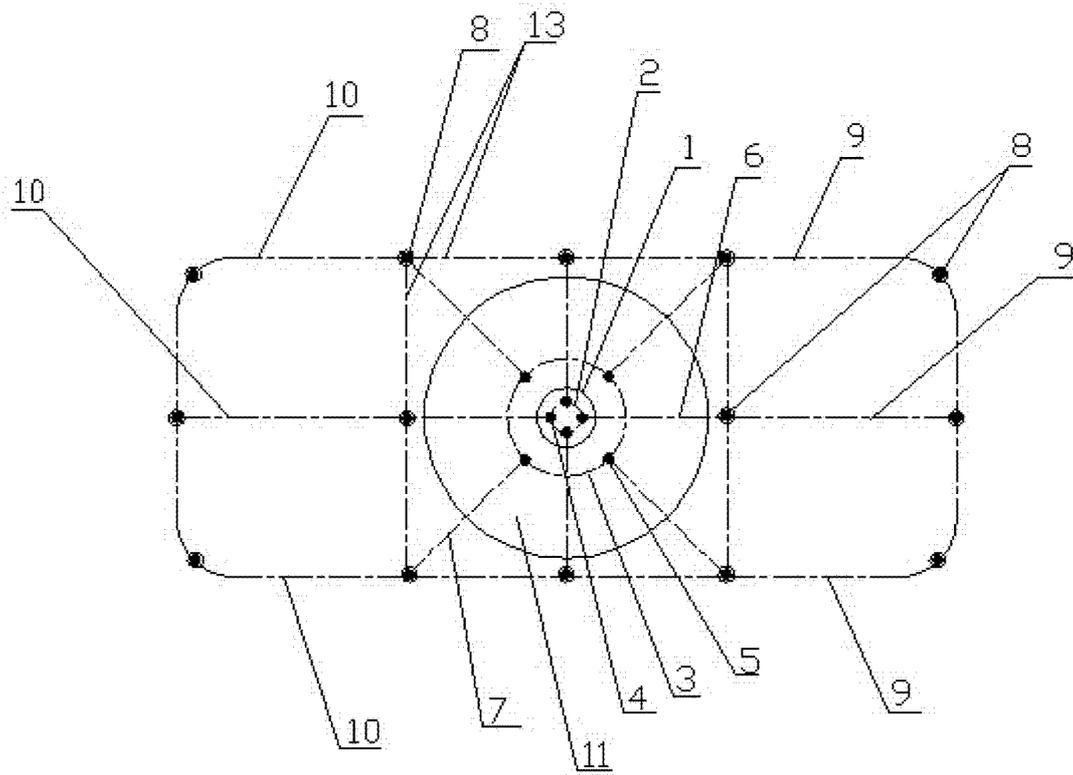


图 1

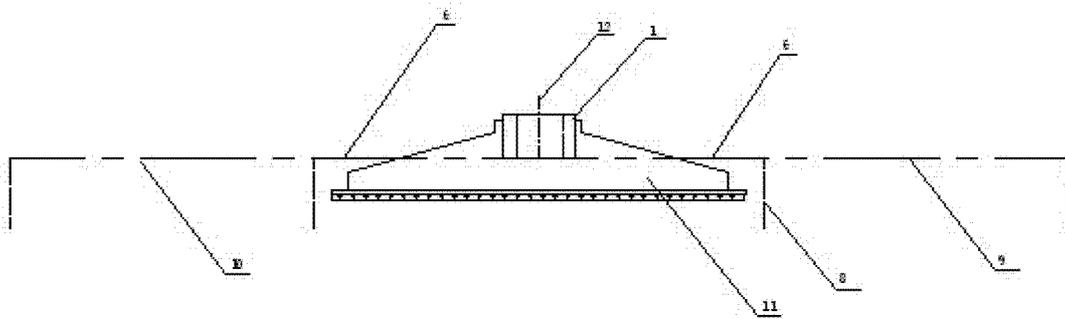


图 2

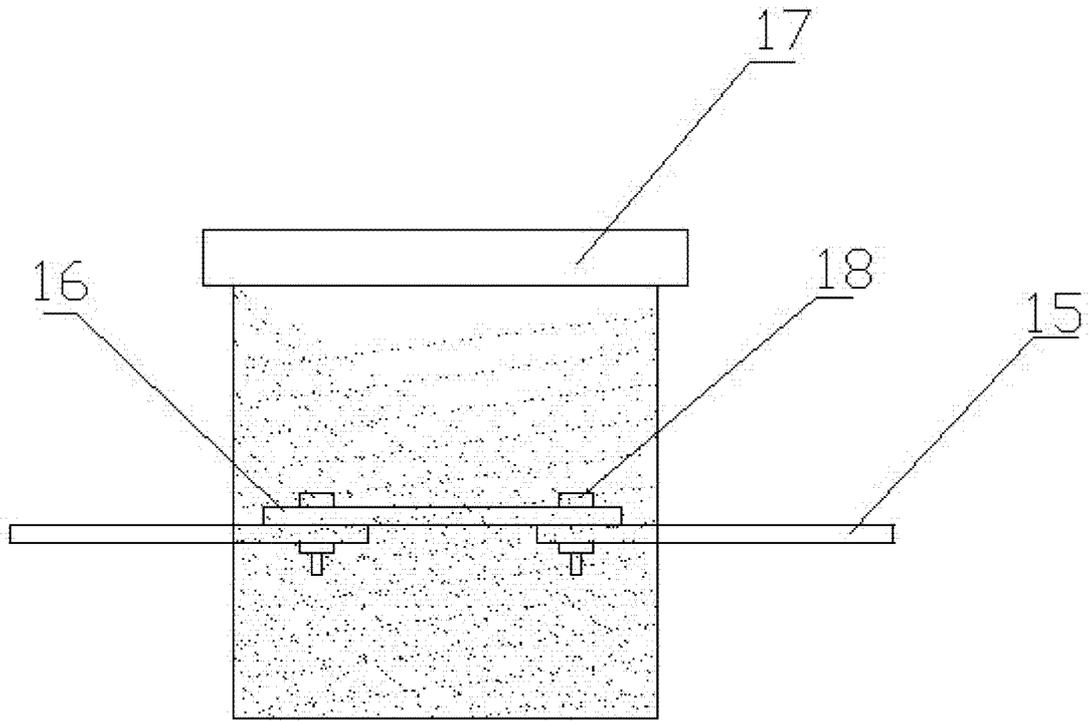


图 3

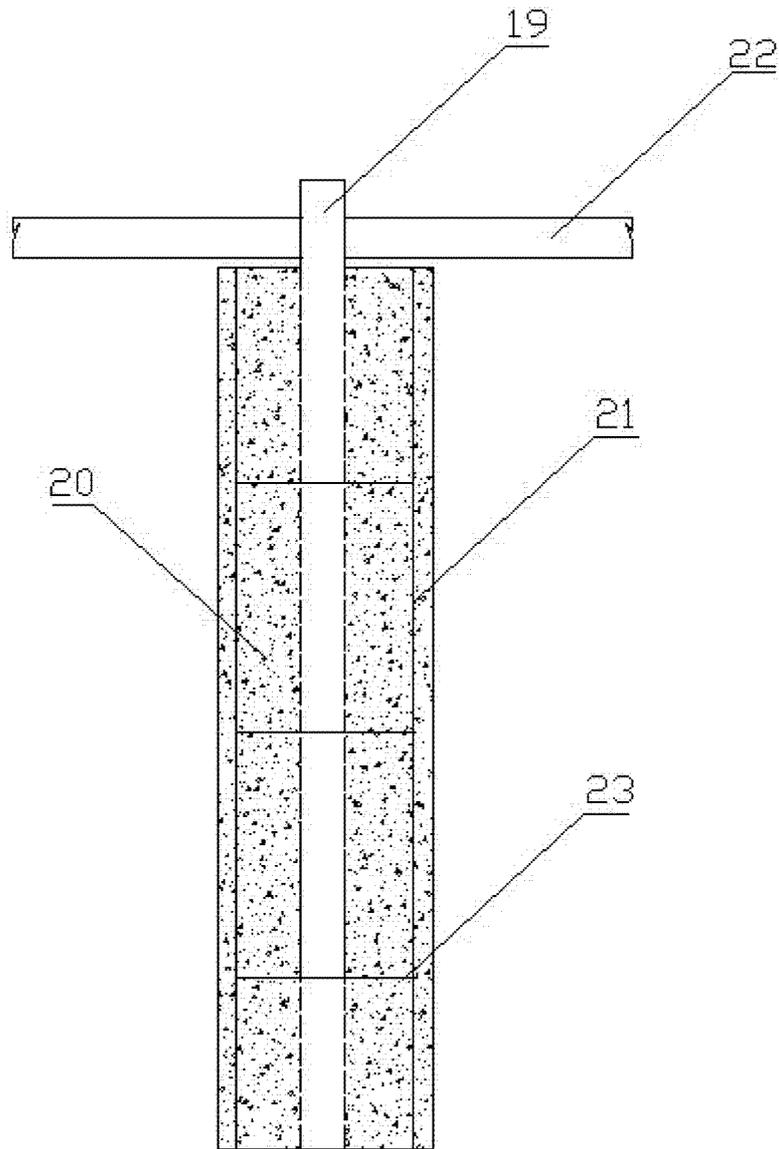


图 4

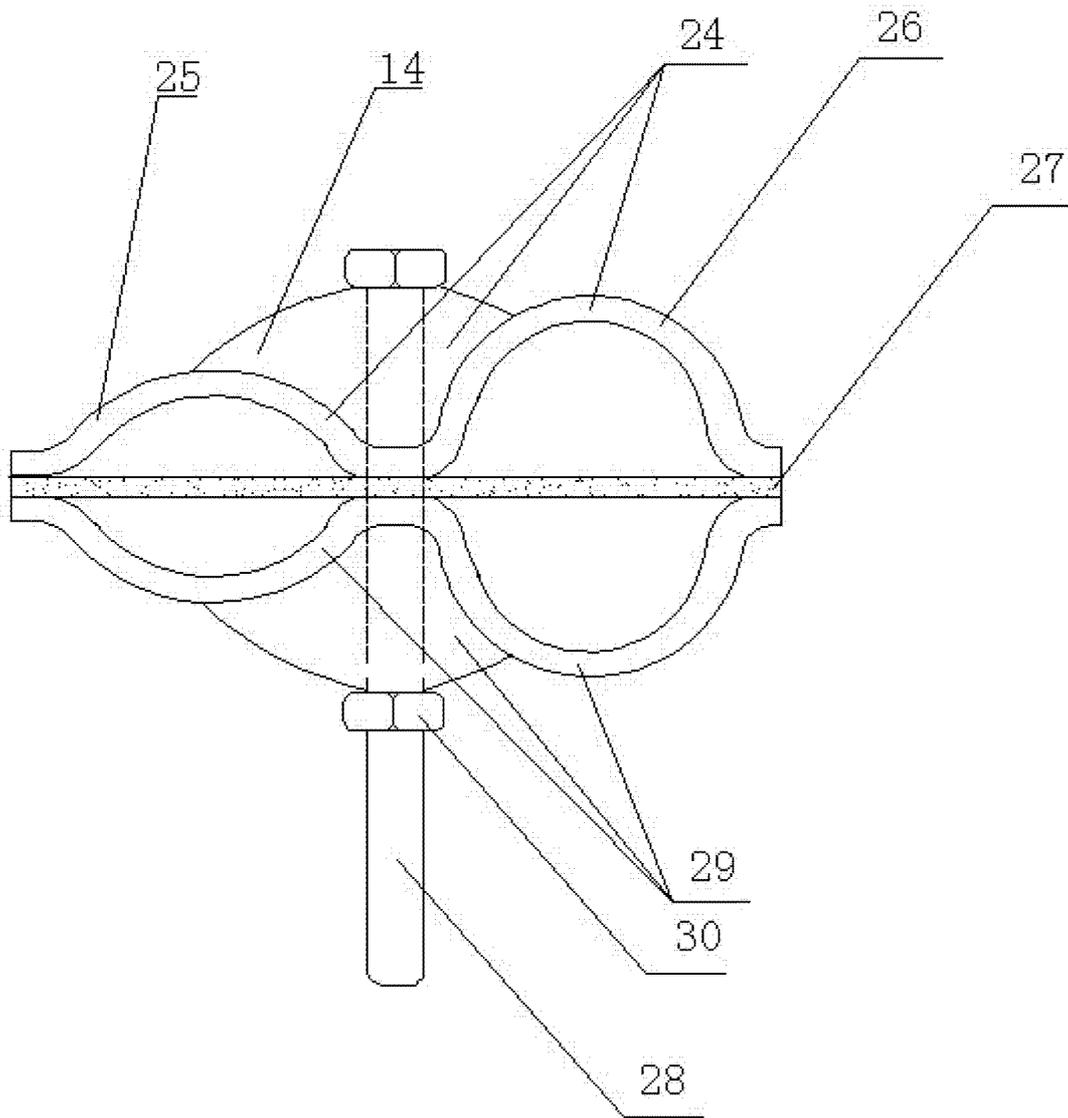


图 5