

## 预应力张弦圆环支撑体系及其变形控制方法

### 技术领域

本发明涉及建筑工程技术领域，特别涉及一种预应力张弦圆环支撑体系及其变形控制方法。

### 背景技术

随着城市化的推进，既有建筑地下空间拓展需求日益增多。此类项目通常基坑开挖深度深达十几米甚至三十米，且项目周边紧邻住宅、商业、市政道路、地铁、市政有压管线等设施。为确保基坑施工过程中对周边设施变形可控，必须严格限制基坑支护体系变形，本领域中基坑内的支撑体系常采用如下技术手段：

- 1、增大围护墙刚度，如增大围护桩截面积，或采用刚度较大的地下连续墙等；
- 2、采用刚度较大内支撑材料，如采用高强砼材料替代钢管、H型钢支撑等；
- 3、增大内支撑体系截面面积；
- 4、减小竖向支撑分布间距，如采用多道竖向内支撑体系方式控制围护墙计算长度。

上述技术手段的缺陷如下：

- (1)、围护体系造价剧增；增大围护墙刚度、减小竖向支撑分布间距、增大内支撑截面等措施会增大围护工程量，增加基坑造价；
- (2)、工程工期延长；过大的工程量增长工期，且对建筑材料、人力、机械设备等资源的灵活配置提出更高要求；
- (3)、内支撑刚度随平面内支撑长度增加而严重衰减；
- (4)、围护体系施工过程中会产生大量粉尘、污水，同时大量建筑垃圾难以被循环利用造成环境污染。

## 发明内容

本发明所要解决的技术问题是，提供一种预应力张弦圆环支撑体系及其变形控制方法，以在基坑变形时对预应力张弦圆环支撑体系的变形进行控制，保护基坑周边设施。

为了解决上述技术问题，本发明的技术方案是：一种预应力张弦圆环支撑体系，包括施工在基坑内的圆环支撑，以及沿所述圆环支撑的直径方向设置的张弦，所述张弦为多条，相邻两条所述张弦之间的夹角相同，所述张弦或者其延长线与所述圆环支撑的至少一个相交点设置有预应力施加装置。

进一步地，本发明提供的预应力张弦圆环支撑体系，所述预应力施加装置为千斤顶。

进一步地，本发明提供的预应力张弦圆环支撑体系，所述预应力施加装置为电动机，所述电动机通过丝杠与所述张弦连接。

进一步地，本发明提供的预应力张弦圆环支撑体系，所述预应力施加装置设置于所述圆环支撑的内侧、外侧或者贯穿于所述圆环支撑的内外侧。

进一步地，本发明提供的预应力张弦圆环支撑体系，所述张弦为钢绞线、钢管、钢筋或者其组合。

进一步地，本发明提供的预应力张弦圆环支撑体系，相邻两条所述张弦之间的夹角为锐角。

进一步地，本发明提供的预应力张弦圆环支撑体系，所述张弦在所述圆环支撑的径向方向上设置有多层。

进一步地，本发明提供的预应力张弦圆环支撑体系，所述圆环支撑为混凝土现场浇筑而成；或者所述圆环支撑预制混凝土拼装而成；或者所述圆环支撑为钢构件拼装而成。

进一步地，本发明提供的预应力张弦圆环支撑体系，所述张弦贯穿于或者不贯穿于圆环支撑。

为了解决上述技术问题，本发明的技术方案是：一种如上述的预应力张弦圆环支撑体系的变形控制方法，当基坑在某一方向或者某相对方向发生变形导致圆环支撑在相同方向发生变形时，通过垂直于变形方向的所述张弦对应的预应力施加装置调节施加在圆环支撑上的预应力，以使圆环支撑的变形得到控制。

与现有技术相比，本发明的预应力张弦圆环支撑体系及其变形控制方法，该体系由圆环支撑以及分布在圆环支撑直径方向的多条张弦构成，张弦与圆环支撑的至少一个相交点设置有预应力施加装置构成，具有结构简单、成本低的效果。该变形控制方法通过预应力施加装置调节张弦的张拉力以调节施加在圆环支撑上的预应力，以提高圆环支撑的刚度，使预应力圆环支撑体系保持稳定，在圆环支撑在发生变形时，通过垂直于变形方向的所述张弦对应的预应力施加装置调节施加在圆环支撑上的预应力，以使圆环支撑的变形得到控制，从而对基坑变形进行控制，保护基坑周边设施。本发明的预应力张弦圆环支撑体系及其变形控制方法，不需要增大围护墙刚度，不需要增大内支撑体系截面尺寸，不需要减小竖向支撑分布间距，不需要采用刚度较大的支撑材料，不会由于增加的上述施工而导致的环境污染，具有结构简单、变形控制方便、节能环保、成本低、施工周期短的效果。

### **附图说明**

图 1 至图 5 是预应力张弦圆环支撑体系的俯视结构示意图；

图 6 是预应力张弦圆环支撑体系的侧视结构示意图；

图 7 是预应力张弦圆环支撑体系的变形控制的原理示意图。

图中所示：100、预应力张弦圆环支撑体系，110、圆环支撑，120、张弦，130、预应力施加装置，200、地，300、基坑。

### **具体实施方式**

下面结合附图对本发明作详细描述：

请参考图 1 和图 6，本发明实施例提供一种预应力张弦圆环支撑体系 100，包括施工在基坑 300 内的圆环支撑 110，以及沿所述圆环支撑 110 的直径方向设置的张弦 120，所述张弦 120 为多条，相邻两条所述张弦 120 之间的夹角相同，所述张弦 120 或者其延长线与所述圆环支撑 110 的至少一个相交点设置有预应力施加装置 130。

本发明实施例的预应力张弦圆环支撑体系 100 的施工方法如下：

步骤 101，在基坑 300 内施工圆环支撑 110。

步骤 102, 待圆环支撑 110 达到施工强度后, 沿所述圆环支撑 110 的直径方向且两端相交于所述圆环支撑 110 上设置张弦 120。

步骤 103, 在所述张弦 120 与圆环支撑 110 的至少一个相交点设置预应力施加装置 130。

步骤 104, 通过预应力施加装置 130 调节张弦 120 的张拉力以调节施加在圆环支撑 110 上的预应力, 以在基坑 300 内形成预应力圆环支撑体系 100。

当然, 本发明实施例的预应力张弦圆环支撑体系 100 与设置在基坑 300 内的基坑围护之间设置有本领域公知的支撑结构和方法。例如圆环支撑 110 与基坑围护的地下连续墙之间通过支撑杆支撑。即本发明实施例的预应力张弦圆环支撑体系协同承担外部荷载。另外, 本发明实施例的预应力张弦圆环支撑体系 100 不限于矩形基坑, 更适应于圆形基坑。

请参考图 1 和图 7, 本发明实施例的预应力张弦 120 圆环支撑体系 100 的变形控制方法, 当基坑 300 在某一方向或者某相对方向发生变形导致圆环支撑 110 在相同方向发生变形时, 通过垂直于变形方向的所述张弦 120 对应的预应力施加装置 130 调节施加在圆环支撑 110 上的预应力, 以使圆环支撑 110 的变形得到控制。例如圆环支撑 110 的直径尺寸具有可塑性, 通过预应力施加装置 130 调节张弦 120 的张拉力使圆环支撑 110 的直径尺寸变小或者变大的方式, 使圆环支撑的变形得到控制。

本发明实施例的预应力张弦 120 圆环支撑体系 100 及其变形控制方法, 该体系由圆环支撑 110 以及分布在圆环支撑 110 直径方向的多条张弦 120 构成, 张弦 120 与圆环支撑 110 的至少一个相交点设置有预应力施加装置 130 构成, 具有结构简单、成本低的效果。该变形控制方法通过预应力施加装置 130 调节张弦 120 的张拉力以调节施加在圆环支撑 110 上的预应力, 以提高圆环支撑 110 的刚度, 使预应力圆环支撑体系 100 保持稳定, 在圆环支撑 110 在发生变形时, 通过垂直于变形方向的所述张弦 120 对应的预应力施加装置 130 调节施加在圆环支撑 110 上的预应力, 以使圆环支撑 110 的变形得到控制, 从而对基坑 300 变形进行控制, 保护基坑 300 周边设施。本发明实施例的预应力张弦 120 圆环支撑体系 100 及其变形控制方法, 不需要增大围护墙刚度, 不需要增大内支撑体系截面尺寸, 不需要减小竖向支撑分布间距, 不需要采用刚度较大的支撑材

料，不会由于增加的上述施工而导致的环境污染，具有结构简单、变形控制方便、节能环保、成本低、施工周期短的效果。

请参考图 7，以直径为 100m 圆环支撑 110 为例，圆环截面尺寸 1200mm × 800mm，混凝土强度等级 C35，圆环支撑内每 30° 设一道张弦，设计张弦的张拉力  $F$  为 500kN，尺寸变形为  $\delta$  m。经有限元软件（Abaqus）计算，得出圆环支撑 110 的径向劲度系数  $k=F/\delta=1673.7\text{kN/m}$ 。而采用本领域常规混凝土对撑布置支撑体系，其刚度为 1493.3kN/m，由此可知，采用本发明实施例的预应力张弦 120 圆环支撑体系 100，其整体刚度提升约 12%。因此具有刚度强、整体性好，可承担偏心荷载的效果。其中相邻两条所述张弦之间的夹角相同，是为了提高圆环支撑的变形控制精度。通过相应的预应力施加装置 130 对多条张弦 120 的张拉力进行调节，使圆环支撑 110 均匀受力，达到均衡并精确控制圆环支撑 110 变形的目的。

本发明实施例的预应力张弦 120 圆环支撑体系 100，在同等刚度条件下，预应力张弦圆环支撑体系的支撑截面尺寸小，拆除后形成废弃建筑垃圾少，具有节能环保的效果。

请参考图 1，本发明实施例提供的预应力张弦 120 圆环支撑体系 100，所述预应力施加装置 130 可以为千斤顶。千斤顶一端与圆环支撑 110 连接，另一端与张弦 120 连接。其中千斤顶的两端是指顶出端和底座。千斤顶例如为液压千斤顶。预应力施加装置 130 为千斤顶时，具有安装方便、控制方便、调节稳定的优点。

请参考图 1，本发明实施例提供的预应力张弦 120 圆环支撑体系 100，所述预应力施加装置 130 为电动机，所述电动机通过丝杠与所述张弦 120 连接。例如张弦 120 的一端设置为丝杠结构，包括螺杆和螺母。为稳定控制，电动机可以采用步进电机。

请参考图 2 至图 4，本发明实施例提供的预应力张弦 120 圆环支撑体系 100，所述预应力施加装置 130 设置于所述圆环支撑 110 的内侧、外侧或者贯穿于所述圆环支撑 110 的内外侧。其中图 2 中的预应力施加装置 130 设置于所述圆环支撑 110 的内侧。其中图 3 中的预应力施加装置 130 设置于所述圆环支撑 110 的外侧。其中图 4 中的预应力施加装置 130 贯穿于圆环支撑 110 的内外侧。也

就是说，预应力施加装置 130 的位置关系设定只要能够实现对张弦 120 的张拉力进行调节并施加到圆环支撑 110 上即可。

请参考图 1 至图 4，本发明实施例的预应力张弦 120 圆环支撑体系 100，张弦 120 可以贯穿于圆环支撑 110 并且延伸于圆环支撑 110 的外侧。请参考图 5，张弦 120 可以设置于圆环支撑 110 的内侧或者贯穿于圆环支撑 110 并且不延伸到圆环支撑 110 的外侧。即张弦 120 可以贯穿于或者不贯穿于圆环支撑 110，只要能够实现对张弦 120 的张拉力进行调节并施加到圆环支撑 110 上即可。其中，张弦 120 可以为钢绞线、钢管、钢筋或者其组合。本发明实施例的张弦 120 优选为钢绞线，由于其为软性可弯曲材料，其具有搬运方便、调整方便、安装方便的优点。

请参考图 1 至图 5，本发明实施例提供的预应力张弦 120 圆环支撑体系 100，相邻两条所述张弦 120 之间的夹角为锐角。例如为 4 条张弦，相邻两条张弦构成 30 度的锐角。但本发明实施例中的张弦的条数不限于 4 条，可以根据环境需求进行调整。

请参考图 6，本发明实施例提供的预应力张弦 120 圆环支撑体系 100，所述张弦 120 在所述圆环支撑 110 的径向方向上设置有多层。每层张弦 120 的结构可以相同，也可以不相同。通过多层张弦 120 对位于不同深度基坑 300 内的圆环支撑 110 在轴向不同位置的变形进行控制，以提高控制精度。

请参考图 1，本发明实施例提供的预应力张弦 120 圆环支撑体系 100，所述圆环支撑 110 可以为混凝土现场浇筑而成。请参考图 2 至图 5 所述圆环支撑 110 可以为预制混凝土拼装而成，也可以为钢构件拼装而成。采用预制混凝土或者钢构件拼装具有施工周期短、提高施工进度的效果。

本发明不限于上述具体实施例，凡在本发明的权利要求书内所作出的各种变化和润饰，均在本发明的保护范围之内。