



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115162510 A

(43) 申请公布日 2022.10.11

(21) 申请号 202210808347.3

(22) 申请日 2022.07.11

(71) 申请人 中国矿业大学

地址 221116 江苏省徐州市泉山区大学路1号中国矿业大学科研院

(72) 发明人 吴晓锁 李富民 李果

(74) 专利代理机构 南京冠誉至恒知识产权代理有限公司 32426

专利代理师 黄成萍

(51) Int. Cl.

E04B 1/22 (2006.01)

E04C 3/26 (2006.01)

E04C 5/12 (2006.01)

E04G 21/12 (2006.01)

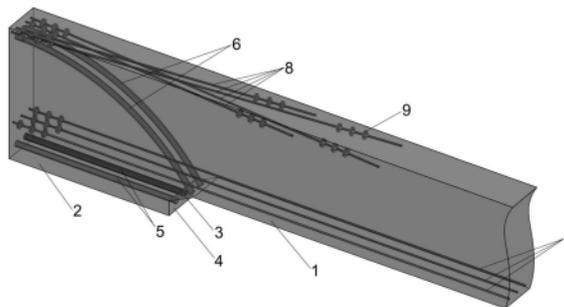
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种先张法预应力混凝土框架梁及其预制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种先张法预应力混凝土框架梁及其预制方法,框架梁中部梁段为矩形恒截面形式,端部梁段是在中部梁段基础上通过一个倾斜过渡面和一个铅垂过渡面将截面向下扩大而成。在端部梁段设有直线型梁底装配预应力筋孔道和圆弧型梁顶装配预应力筋孔道。在框架梁底部设有多根先张法直线型梁底预应力钢绞线;在框架梁顶部每一端设有两组局部、对称、斜向分布的先张法直线型梁顶预应力钢绞线。每根梁底及梁顶预应力钢绞线的两个端部均设有多个助锚节。框架梁采用型钢模板组进行钢绞线张拉与锚固。本发明解决了在混凝土构件中设置局部先张法预应力筋的技术难题,实现了预制先张法预应力混凝土框架梁与预压装配两种技术的有效结合。



1. 一种先张法预应力混凝土框架梁,其特征在于:该框架梁主要由中部梁段和端部梁段构成,中部梁段为矩形恒截面结构;端部梁段是在中部梁段的基础上,将中部梁段端面的下沿先通过一个倾斜过渡面、再经过一个铅锤过渡面将中部梁段端面向下扩大而成;

所述端部梁段铅锤过渡面所属的纵向区域,设置有一组贯通端部梁段的直线型梁底装配预应力筋孔道,直线型梁底装配预应力筋孔道的两端分别位于端部梁段端面和铅锤过渡面;所述端部梁段倾斜过渡面及中部梁段端面所属的纵向区域,设置有一组贯通端部梁段的弧线型梁顶装配预应力筋孔道,弧线型梁顶装配预应力筋孔道的两端分别位于端部梁段端面和倾斜过渡面;

沿中部梁段底部纵向设有一组平行布置的先张法直线型梁底预应力钢绞线,梁底预应力钢绞线向两端直线延伸至贯穿整个端部梁段;

框架梁顶部两端均设有两组相对于中心纵截面对称并与中心纵截面斜交叉的斜向分布先张法直线型梁顶预应力钢绞线,同一组内的所有梁顶预应力钢绞线位置平行,梁顶预应力钢绞线的一端延伸至端部梁段端面,另一端延伸至中部梁段侧面。

2. 根据权利要求1所述的先张法预应力混凝土框架梁,其特征在于:所述端部梁段的长度为中部梁段截面高度的1~1.5倍。

3. 根据权利要求1所述的先张法预应力混凝土框架梁,其特征在于:所述倾斜过渡面与水平面的夹角为 30° ~ 60° ,水平投影长度为100~300mm。

4. 根据权利要求1所述的先张法预应力混凝土框架梁,其特征在于:所述铅锤过渡面的高度为中部梁段截面高度的0.1~0.3倍。

5. 根据权利要求1所述的先张法预应力混凝土框架梁,其特征在于:所述直线型梁底装配预应力筋孔道和弧线型梁顶装配预应力筋孔道的直径根据所要容置的装配预应力筋数量确定;每组直线型梁底装配预应力筋孔道的数量为两根,每组弧线型梁顶装配预应力筋孔道的数量为两根。

6. 根据权利要求1所述的先张法预应力混凝土框架梁,其特征在于:所述梁底预应力钢绞线和梁顶预应力钢绞线的两端各设置一组助锚节;所述助锚节的主体是一个钢质圆环,钢质圆环套设在预应力钢绞线外轮廓上,钢质圆环内径与预应力钢绞线外轮廓直径相匹配;钢质圆环通过其两侧的结构胶粘接于预应力钢绞线上。

7. 根据权利要求6所述的先张法预应力混凝土框架梁,其特征在于:所述钢质圆环外径为30~50mm,钢质圆环厚度为8~12mm;所述结构胶的粘接形状为圆台形,沿预应力钢绞线方向的粘结长度为18~22mm,与钢质圆环的粘结厚度为8~12mm;每组助锚节的数量为3个,相邻助锚节的间距为80~120mm,端部的助锚节距离预应力钢绞线端部的距离最小值为50mm。

8. 一种先张法预应力混凝土框架梁的制备方法,其特征在于:采用型钢模板组进行混凝土浇筑和预应力钢绞线张拉与锚固;

所述型钢模板组包括两个端模板、两个侧模板、一个中部梁段底模板、两个端部梁段底模板、两个倾斜过渡面模板、两个铅垂过渡面模板和一系列加劲板,型钢模板组中各模板以及加劲板相互之间焊接或螺栓连接,连接后所形成的空间与框架梁的形状及尺寸相匹配;在端模板的下部开设有用于梁底预应力钢绞线穿越的孔洞、上部开设有用于梁顶预应力钢绞线穿越的孔洞;在端模板的外侧面配置有一块斜锚调节板,在斜锚调节板的斜面上开设

有用于梁顶预应力钢绞线穿越的孔洞,所述斜面与对应的梁顶预应力钢绞线位置垂直;在侧模板上开设有用于梁顶预应力钢绞线穿越的斜向孔洞,在每个斜向孔洞外侧向框架梁跨中方向一定距离设置有一个垂直于对应梁顶预应力钢绞线的锚固耳板,在锚固耳板上开设有用于梁顶预应力钢绞线穿越的孔洞。

9. 根据权利要求8所述的先张法预应力混凝土框架梁的制备方法,其特征在于:包括如下步骤:

(1) 将型钢模板组组装好并就位,穿设梁底预应力钢绞线和梁顶预应力钢绞线,穿设时将助锚节的圆环套在预应力钢绞线上;

(2) 待预应力钢绞线穿设就位后,开始进行预应力钢绞线的张拉与锚固,其中梁底预应力钢绞线采用任一端作为固定端、另一端作为张拉端在型钢模板组上进行常规张拉与锚固,梁顶预应力钢绞线以锚固耳板一端作为固定端、以端模板一端作为张拉端进行常规张拉与锚固;

(3) 待所有预应力钢绞线张拉锚固完成后,再将所有助锚节的钢质圆环就位,然后用结构胶将其粘接牢固;

(4) 待结构胶硬化后,安装梁底装配预应力筋孔道和梁顶装配预应力筋孔道,浇筑并养护混凝土;

(5) 待混凝土养护完成后,放松所有预应力钢绞线两端的锚固力,完成预应力施加;切掉露出框架梁表面的多余预应力钢绞线,完成框架梁的预制。

10. 根据权利要求8所述的先张法预应力混凝土框架梁的制备方法,其特征在于:所述加劲板采用18~22mm厚度的钢板,加劲板的宽度为80~120mm;沿框架梁长度方向均匀布置,相邻加劲板的间距为800~1200mm,端部的加劲板距离框架梁端部的距离为800~1200mm。

一种先张法预应力混凝土框架梁及其预制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种先张法预应力混凝土框架梁及其预制方法,属于建筑工程领域中的预制预应力混凝土框架梁技术。

背景技术

[0002] 预压装配预应力混凝土框架结构体系是一种高效、高性能预制装配结构体系。该体系的传统做法是采用局部无粘结预应力筋将框架梁压接到框架柱上,以避免连接部位的现浇施工,同时借助连接部位的预应力效应并通过设置专门的耗能组件保证框架具有良好的抗震复位与耗能能力。

[0003] 在预压装配预应力混凝土框架结构体系中,预制预应力混凝土框架梁是其核心组件。从框架梁的受力需求来看,需要在梁的中段底部和两端顶部布置预应力筋,这种需求采用后张法技术容易实现,即只需要在梁内布置曲线或折线预应力筋即可,但是,后张法技术施工过程相对繁琐,而且在梁端会形成范围很大的锚固构造区,这给装配预应力筋的布置带来困难,同时,梁端还将存在很大的锚固应力,这不利于将其与框架柱预压装配后的进一步受力;因此,为了便于预压装配施工以及装配后的进一步受力,先张法技术更加适合,然而,传统先张法技术受张拉锚固空间限制而只适合于预应力筋在构件内通长布置的情况,这对梁底预应力筋来说没有问题,但对梁顶局部预应力筋来说就无法实现,因而,现有的预制先张法预应力混凝土框架梁只有在梁底布置了通长预应力筋。

[0004] 因此,为了开发适用、高效的预制先张法预应力混凝土框架梁技术,务必需要解决以下几个方面的问题:

[0005] (1) 如何在梁顶布置局部先张法预应力筋并实现对其进行张拉和锚固。

[0006] (2) 现有先张法预应力钢绞线端部锚固依赖其自身与混凝土的粘结强度来实现,但这种锚固效率很低,预应力传递长度很长,这对局部较短先张法预应力筋的有效预应力建立带来了困扰。

[0007] (3) 先张法预应力混凝土框架梁的装配预应力筋如何合理、高效布置并便于后续张拉与锚固,也是需要解决的一项难题。

发明内容

[0008] 发明目的:为了克服现有技术中存在的不足,本发明提供一种先张法预应力混凝土框架梁及其预制方法,是一种适用于预压装配预应力混凝土框架结构体系的、高效、高性能预制框架梁技术。

[0009] 技术方案:为实现上述目的,本发明采用的技术方案为:

[0010] 一种先张法预应力混凝土框架梁,该框架梁主要由中部梁段和端部梁段构成,中部梁段为矩形恒截面结构;端部梁段是在中部梁段的基础上,将中部梁段端面的下沿先通过一个倾斜过渡面、再经过一个铅锤过渡面将中部梁段端面向下扩大而成;

[0011] 所述端部梁段铅锤过渡面所属的纵向区域,设置有一组贯通端部梁段的直线型梁

底装配预应力筋孔道,直线型梁底装配预应力筋孔道的两端分别位于端部梁段端面和铅锤过渡面;所述端部梁段倾斜过渡面及中部梁段端面所属的纵向区域,设置有一组贯通端部梁段的弧线型梁顶装配预应力筋孔道,弧线型梁顶装配预应力筋孔道的两端分别位于端部梁段端面和倾斜过渡面;

[0012] 沿中部梁段底部纵向设有一组平行布置的先张法直线型梁底预应力钢绞线,梁底预应力钢绞线向两端直线延伸至贯穿整个端部梁段;

[0013] 框架梁顶部两端均设有两组相对于中心纵截面对称并与中心纵截面斜交叉的斜向分布先张法直线型梁顶预应力钢绞线,同一组内的所有梁顶预应力钢绞线位置平行,梁顶预应力钢绞线的一端延伸至端部梁段端面,另一端延伸至中部梁段侧面。

[0014] 优选的,所述端部梁段的长度为中部梁段截面高度的1~1.5倍。

[0015] 优选的,所述倾斜过渡面与水平面的夹角为 30° ~ 60° ,水平投影长度为100~300mm。

[0016] 优选的,所述铅锤过渡面的高度为中部梁段截面高度的0.1~0.3倍。

[0017] 优选的,所述直线型梁底装配预应力筋孔道和弧线型梁顶装配预应力筋孔道的直径根据所要容置的装配预应力筋数量确定;每组直线型梁底装配预应力筋孔道的数量为两根,每组弧线型梁顶装配预应力筋孔道的数量为两根。

[0018] 优选的,所述梁底预应力钢绞线和梁顶预应力钢绞线的两端各设置一组助锚节;所述助锚节的主体是一个钢质圆环,钢质圆环套设在预应力钢绞线外轮廓上,钢质圆环内径与预应力钢绞线外轮廓直径相匹配;钢质圆环通过其两侧的结构胶粘接于预应力钢绞线上。

[0019] 优选的,所述钢质圆环外径为30~50mm,钢质圆环厚度为8~12mm;所述结构胶的粘接形状为圆台形,沿预应力钢绞线方向的粘结长度为18~22mm,与钢质圆环的粘结厚度(与钢质圆环粘结的环形面的宽度)为8~12mm,由钢质圆环一端向外延伸,厚度逐渐减小至其与预应力钢绞线的粘结厚度为0;每组助锚节的数量为3个,相邻助锚节的间距为80~120mm,端部的助锚节距离预应力钢绞线端部的距离最小值为50mm。

[0020] 一种先张法预应力混凝土框架梁的制备方法,采用型钢模板组进行混凝土浇筑和预应力钢绞线张拉与锚固;

[0021] 所述型钢模板组包括两个端模板、两个侧模板、一个中部梁段底模板、两个端部梁段底模板、两个倾斜过渡面模板、两个铅垂过渡面模板和一系列加劲板,型钢模板组中各模板以及加劲板相互之间焊接或螺栓连接,连接后所形成的空间与框架梁的形状及尺寸相匹配;在端模板的下部开设有用于梁底预应力钢绞线穿越的孔洞、上部开设有用于梁顶预应力钢绞线穿越的孔洞;在端模板的外侧面配置有一块斜锚调节板,在斜锚调节板的斜面上开设有用于梁顶预应力钢绞线穿越的孔洞,所述斜面与对应的梁顶预应力钢绞线位置垂直;在侧模板上开设有用于梁顶预应力钢绞线穿越的斜向孔洞,在每个斜向孔洞外侧向框架梁跨中方向一定距离设置有一个垂直于对应梁顶预应力钢绞线的锚固耳板,在锚固耳板上开设有用于梁顶预应力钢绞线穿越的孔洞。

[0022] 优选的,该方法包括如下步骤:

[0023] (1) 将型钢模板组组装好并就位,穿设梁底预应力钢绞线和梁顶预应力钢绞线,穿设时将助锚节的圆环套在预应力钢绞线上;

[0024] (2) 待预应力钢绞线穿设就位后, 开始进行预应力钢绞线的张拉与锚固, 其中梁底预应力钢绞线采用任一端作为固定端、另一端作为张拉端在型钢模板组上进行常规张拉与锚固, 梁顶预应力钢绞线以锚固耳板一端作为固定端、以端模板一端作为张拉端进行常规张拉与锚固;

[0025] (3) 待所有预应力钢绞线张拉锚固完成后, 再将所有助锚节的钢质圆环就位, 然后用结构胶将其粘接牢固;

[0026] (4) 待结构胶硬化后, 安装梁底装配预应力筋孔道和梁顶装配预应力筋孔道, 浇筑并养护混凝土;

[0027] (5) 待混凝土养护完成后, 放松所有预应力钢绞线两端的锚固力, 完成预应力施加; 切掉露出框架梁表面的多余预应力钢绞线, 完成框架梁的预制。

[0028] 优选的, 所述加劲板采用18~22mm厚度的钢板, 加劲板的宽度为80~120mm; 沿框架梁长度方向均匀布置, 相邻加劲板的间距为800~1200mm, 端部的加劲板距离框架梁端部的距离为800~1200mm。

[0029] 有益效果: 本发明提供的先张法预应力混凝土框架梁, 除了布置有常规的梁底预应力钢绞线之外, 还在梁端局部区段布置有梁顶预应力钢绞线, 解决了常规先张法预应力混凝土梁受张拉锚固空间限制而无法布置局部区段梁顶预应力钢绞线的难题, 从而基于先张法技术成功实现了框架梁对梁底全长和梁顶局部区段预应力的需求, 简化了预制框架梁端部的锚固构造; 本发明提供的钢绞线端部布置的助锚节, 构造与安装简便、耗材少, 但却有效增强了钢绞线端部的锚固能力, 提高了钢绞线端部的锚固效果, 减小了钢绞线端部的预应力传递长度, 解决了先张法预应力混凝土结构因预应力筋端部预应力传递长度过长而导致预应力效率低下 (尤其短预应力筋的情况) 的问题; 本发明提供的先张法预应力混凝土框架梁, 端部梁段截面局部扩大并在该段布置梁底装配预应力筋孔道和梁顶装配预应力筋孔道, 使装配预应力筋出口集中布置, 从而便于装配预应力筋的穿设、张拉和锚固, 为框架梁的预压装配施工带来了便利。

附图说明

[0030] 图1为先张法预应力混凝土框架梁结构示意图;

[0031] 图2为助锚节结构示意图;

[0032] 图3为底部预应力钢绞线与型钢模板组布置示意图;

[0033] 图4为顶部预应力钢绞线与型钢模板组布置示意图。

[0034] 图中包括: 1-中部梁段; 2-端部梁段; 3-倾斜过渡面; 4-铅垂过渡面; 5梁底装配预应力筋孔道; 6-梁顶装配预应力筋孔道; 7-梁底预应力钢绞线; 8-梁顶预应力钢绞线; 9-助锚节; 10-圆环; 11-结构胶; 21-端模板; 22-侧模板; 23-中部梁段底模板; 24-端部梁段底模板; 25-倾斜过渡面模板; 26-铅垂过渡面模板; 27-加劲板; 28-斜锚调节板; 29-锚固耳板; 30-锚头。

具体实施方式

[0035] 以下结合附图和具体实施例对本发明作具体的介绍。

[0036] 在本发明的描述中, 需要理解的是, 术语“中心”、“纵向”、“横向”、“上”、“下”、

“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。此外,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0037] 如图1所示为一种先张法预应力混凝土框架梁,该框架梁主要由中部梁段和端部梁段构成,中部梁段为矩形恒截面结构;端部梁段是在中部梁段的基础上,将中部梁段端面的下沿先通过一个倾斜过渡面、再经过一个铅锤过渡面将中部梁段端面向下扩大而成。设计端部梁段的长度为中部梁段截面高度的1~1.5倍;倾斜过渡面与水平面的夹角为30~60°,水平投影长度为100~300mm;铅锤过渡面的高度为中部梁段截面高度的0.1~0.3倍。

[0038] 所述端部梁段铅锤过渡面所属的纵向区域,设置有两根贯通端部梁段的直线型梁底装配预应力筋孔道,直线型梁底装配预应力筋孔道的两端分别位于端部梁段端面和铅锤过渡面,直线型梁底装配预应力筋孔道的直径根据所要容置的装配预应力筋数量确定。

[0039] 所述端部梁段倾斜过渡面及中部梁段端面所属的纵向区域,设置有两根贯通端部梁段的弧线型梁顶装配预应力筋孔道,弧线型梁顶装配预应力筋孔道的两端分别位于端部梁段端面和倾斜过渡面,弧线型梁顶装配预应力筋孔道的直径根据所要容置的装配预应力筋数量确定。

[0040] 如图3所示,沿中部梁段底部纵向设有一组平行布置的先张法直线型梁底预应力钢绞线,梁底预应力钢绞线向两端直线延伸至贯穿整个端部梁段;梁底预应力钢绞线的根数及间距须满足相应技术规范及计算要求。

[0041] 如图4所示,框架梁顶部两端均设有两组相对于中心纵截面对称并与中心纵截面斜交叉的斜向分布先张法直线型梁顶预应力钢绞线,同一组内的所有梁顶预应力钢绞线位置平行,梁顶预应力钢绞线的一端延伸至端部梁段端面,另一端延伸至中部梁段侧面;梁顶预应力钢绞线的根数、间距以及长度须满足相应技术规范及计算要求。

[0042] 所述梁底预应力钢绞线和梁顶预应力钢绞线的两端各设置3个助锚节,相邻助锚节的间距设计为100mm,端部的助锚节距离预应力钢绞线端部的距离最小值为50mm,最大值由侧面混凝土保护层厚度之技术构造要求决定。如图2所示,所述助锚节的主体是一个钢质圆环,钢质圆环套设在预应力钢绞线外轮廓上,钢质圆环内径与预应力钢绞线外轮廓直径相匹配,钢质圆环的外径设计为40mm,钢质圆环的厚度设计为10mm;钢质圆环通过其两侧的圆台形的结构胶粘接于预应力钢绞线上,结构胶沿预应力钢绞线方向的粘结长度为20mm,与钢质圆环的粘结厚度为10mm,由钢质圆环一端向外延伸,厚度逐渐减小至其与预应力钢绞线的粘结厚度为0。

[0043] 一种制备上述先张法预应力混凝土框架梁的方法,采用型钢模板组进行混凝土浇筑和预应力钢绞线张拉与锚固。

[0044] 如图3、图4所示,所述型钢模板组包括两个端模板、两个侧模板、一个中部梁段底模板、两个端部梁段底模板、两个倾斜过渡面模板、两个铅垂过渡面模板和一系列加劲板,型钢模板组中各模板以及加劲板相互之间焊接或螺栓连接,连接后所形成的空间与框架梁的形状及尺寸相匹配。

[0045] 在端模板的下部开设有用于梁底预应力钢绞线穿越的孔洞、上部开设有用于梁顶

预应力钢绞线穿越的孔洞。在端模板的外侧面配置有一块斜锚调节板,斜锚调节板的水平断面呈五边形(相邻的两个斜边,两个垂直框架梁端面的直角边,另一个直角边与框架梁端面贴合),顶面与端模板顶面平齐,由顶面向下延伸100mm作为斜锚调节板的高度;在斜锚调节板的斜面上开设有用于梁顶预应力钢绞线穿越的孔洞,所述斜面与对应的梁顶预应力钢绞线位置垂直。在侧模板上开设有用于梁顶预应力钢绞线穿越的斜向孔洞,在每个斜向孔洞外侧向框架梁跨中方向一定距离(取决于梁顶预应力钢绞线锚固空间需求)设置有一个垂直于对应梁顶预应力钢绞线的锚固耳板,在锚固耳板上开设有用于梁顶预应力钢绞线穿越的孔洞。

[0046] 所述加劲板采用20mm厚度的钢板,加劲板的宽度为100mm;沿框架梁长度方向均匀布置,相邻加劲板的间距设计为1000mm,端部的加劲板距离框架梁端部的距离设计为1000mm。

[0047] 预制前,先将型钢模板组组装好并就位,然后穿设梁底预应力钢绞线和梁顶预应力钢绞线,穿设时将助锚节的钢质圆环套在预应力钢绞线上;待预应力钢绞线穿设就位后,开始进行与预应力钢绞线的张拉与锚固,其中梁底预应力钢绞线采用任一端作为固定端、另一端作为张拉端在型钢模板组上进行常规张拉与锚固,梁顶预应力钢绞线以锚固耳板一端作为固定端、以端模板一端作为张拉端进行常规张拉与锚固;待所有预应力钢绞线张拉锚固完成后,再将所有助锚节的钢质圆环就位,然后用结构胶将其粘接牢固;待结构胶硬化后,即可安装梁底装配预应力筋孔道和梁顶装配预应力筋孔道,然后浇筑并养护混凝土;待混凝土养护完成后,放松所有钢绞线两端的锚固力,完成预应力施加;最后切掉露出梁表面的多余钢绞线,完成框架梁的预制。

[0048] 在本发明的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0049] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任何一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

[0050] 以上显示和描述了本发明的基本原理、主要特征和优点。本行业的技术人员应该了解,上述实施例不以任何形式限制本发明,凡采用等同替换或等效变换的方式所获得的技术方案,均落在本发明的保护范围内。

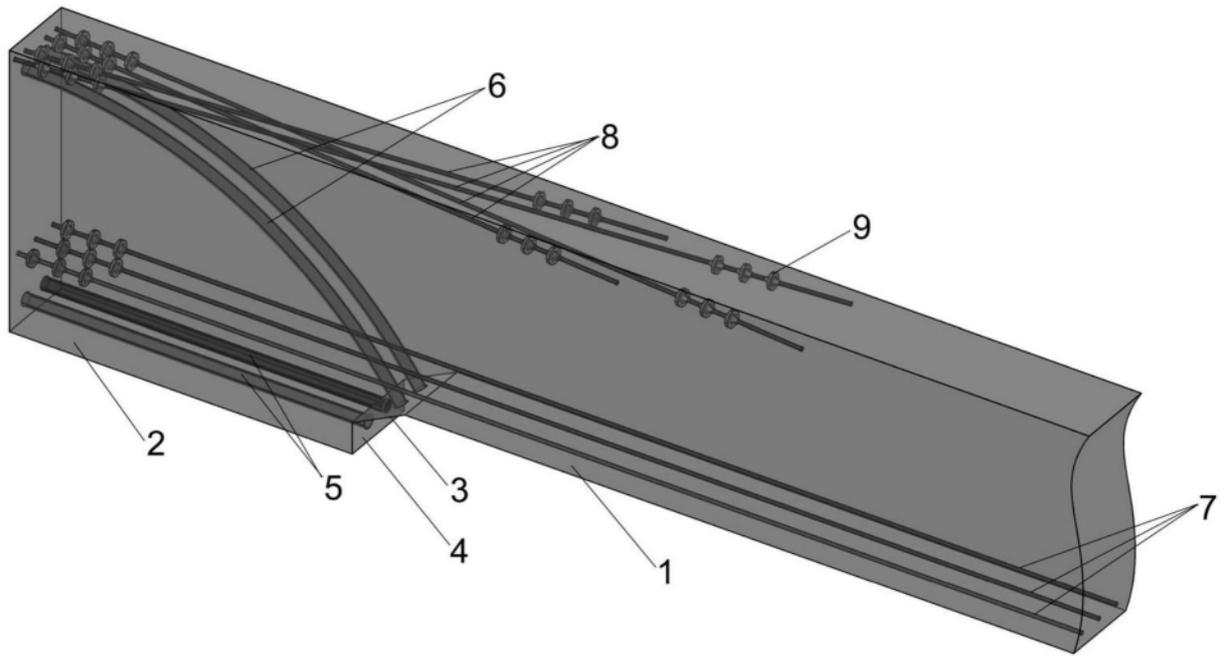


图1

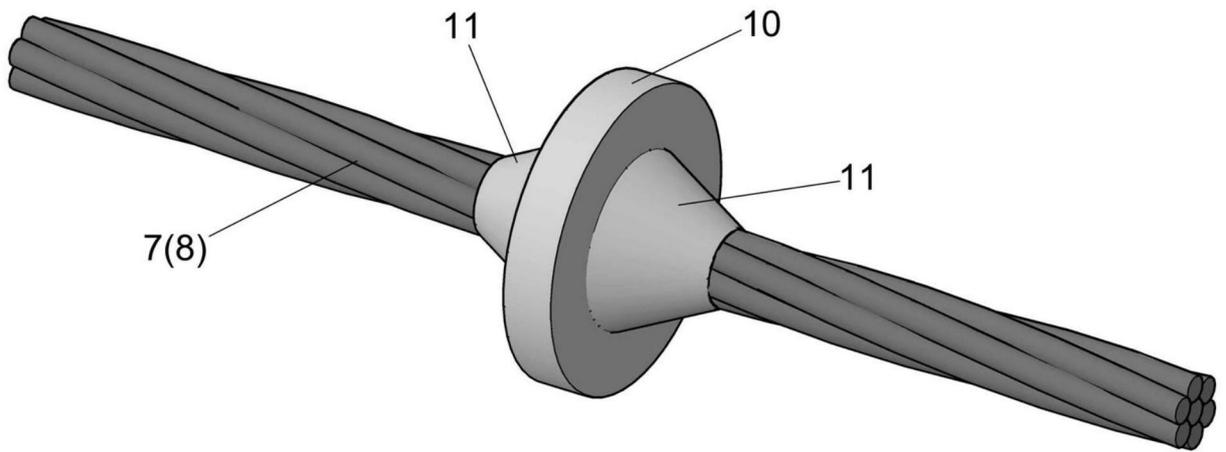


图2

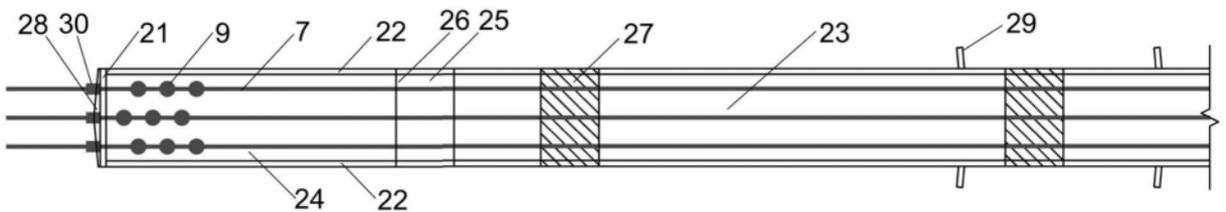


图3

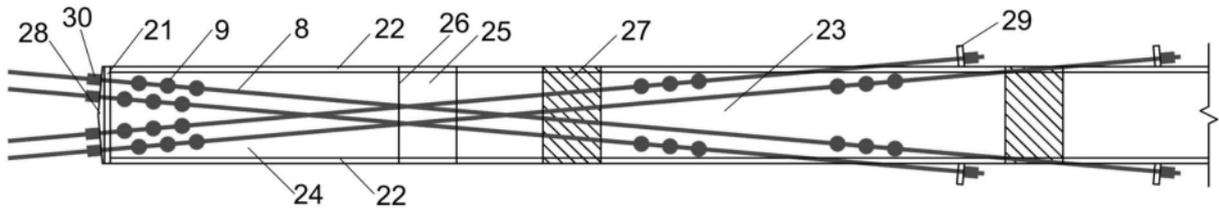


图4