



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110685234 B

(45) 授权公告日 2021.09.10

(21) 申请号 201910915860.0

(22) 申请日 2019.09.26

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110685234 A

(43) 申请公布日 2020.01.14

(73) 专利权人 正平路桥建设股份有限公司  
地址 810099 青海省西宁市长江路128号创  
新大厦14楼

专利权人 青海蓝图公路勘测设计有限责任  
公司  
青海正通土木工程试验检测有限  
公司  
青海正平公路养护工程有限公司  
青海路拓工程设施制造集团有限  
公司

(72) 发明人 梁俊伟 蒲广宁 郭昆 韩馨

韩丽娟 李捷 游金龙 刘飞  
高峰 李明 冶秀娟

(74) 专利代理机构 西安创知专利事务所 61213  
代理人 景丽娜

(51) Int.Cl.  
E01F 5/00 (2006.01)

(56) 对比文件  
CN 203404509 U, 2014.01.22  
CN 103603276 A, 2014.02.26  
CN 103334384 A, 2013.10.02  
CN 204491659 U, 2015.07.22  
CN 205421048 U, 2016.08.03  
CN 105484171 A, 2016.04.13  
CN 202247718 U, 2012.05.30  
CN 105887925 A, 2016.08.24

审查员 韩霖

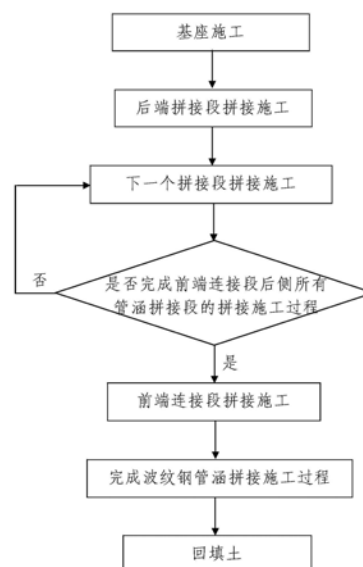
权利要求书7页 说明书22页 附图10页

### (54) 发明名称

一种波纹钢管涵的施工方法

### (57) 摘要

本发明公开了一种波纹钢管涵的施工方法,由后向前对多个所述管涵拼接段分别进行拼接施工,包括步骤:A1、后端拼接段拼接施工;A2、下一个拼接段拼接施工;A3、多次重复步骤A2,直至完成前端连接段后侧的所有管涵拼接段的拼接施工过程;A4、前端连接段拼接施工。本发明设计合理且施工简便、使用效果好,采用预应力加固构造对拼接式的波纹钢管涵进行分段式整体加固,并对预应力加固构造中各预应力筋组的结构和布设位置进行限定,管涵拼接段拼接过程中同步分段进行预应力加固,并且管涵本体中所有管涵拼接段通过预应力加固构造进行整体加固,能有效提高所施工成型管廊的整体性和受力性能,又能有效延长管廊的耐久性。



1. 一种波纹钢管涵的施工方法,其特征在于:所施工管涵包括基座(16)和支撑于基座(16)上的波纹钢管涵,所述基座(16)为现浇钢筋混凝土基座;所述基座(16)和所述波纹钢管涵均沿所施工管涵的纵向延伸方向布设;所施工管涵外侧设置有填土层(15),所述基座(16)和所述波纹钢管涵均位于填土层(15)内;

所述波纹钢管涵包括由多个管涵拼接段(1)拼接而成的管涵本体和布设于所述管涵本体外侧的预应力加固构造,所述管涵本体呈水平布设,多个管涵拼接段(1)沿所施工管涵的纵向延伸方向由后向前布设在同一直线上且其均支撑于基座(16)上;每个所述管涵拼接段(1)均为一个呈水平布设且横截面为圆形的波纹钢管,多个所述管涵拼接段(1)的管径均相同,每个所述波纹钢管均为一个平直钢管,所述管涵本体中所有波纹钢管的横截面结构和尺寸均相同;多个所述管涵拼接段(1)中位于最后侧的一个所述管涵拼接段(1)为后端拼接段,多个所述管涵拼接段(1)中位于最前侧的一个所述管涵拼接段(1)为前端拼接段;前后相邻两个所述管涵拼接段(1)之间均通过一个中间连接环(2)进行连接,所述前端拼接段的前端同轴设置有前端连接环,所述后端拼接段的后端同轴设置有后端连接环(3),所述中间连接环(2)、所述前端连接环和后端连接环(3)均为圆环形且三者均为呈竖直向布设的钢连接环;位于所述管涵本体后侧的三个所述管涵拼接段(1)由后向前分别为所述后端拼接段、第二拼接段和第三拼接段,所述后端拼接段为第一拼接段;每个所述管涵拼接段(1)上位于前侧的所述钢连接环为前侧连接环,每个所述管涵拼接段(1)上位于后侧的所述钢连接环为后侧连接环;

所述预应力加固构造包括左右两个对称布设的预应力加固结构,两个所述预应力加固结构对称布设于基座(16)的左右两侧上方;每个所述预应力加固结构均包括 $n$ 个由上至下布设于所述管涵本体外侧的预应力筋组, $n$ 个所述预应力筋组的结构均相同且其均沿所施工管涵的纵向延伸方向布设;每个所述预应力筋组均由三道从上至下布设的组合式预应力筋(4)组成,所述预应力加固构造中的所有组合式预应力筋(4)沿圆周方向布设;其中, $n$ 为正整数且 $n$ 的取值范围为 $2\sim 5$ ;所述预应力加固构造中包括 $2n$ 个所述预应力筋组, $2n$ 个所述预应力筋组沿圆周方向布设;所述预应力加固构造中包括 $6n$ 道所述组合式预应力筋(4), $6n$ 道所述组合式预应力筋(4)沿圆周方向布设;

每道所述组合式预应力筋(4)均包括多道沿所施工管涵纵向延伸方向从后向前布设的预应力筋节段,每道所述预应力筋节段均为一道平直的预应力钢筋或预应力钢绞线,每道所述组合式预应力筋(4)中的所有预应力筋节段均布设于同一直线上;每道所述预应力筋节段均呈水平布设,每道所述预应力筋节段的后端均为锚固端且其前端均为张拉端,每道所述预应力筋节段的前后两端均安装有一个锚具(6);每道所述组合式预应力筋(4)中位于最后侧的一道所述预应力筋节段均为后端预应力筋节段;

每道所述预应力筋节段的后端均通过一个所述锚具(6)固定在一个所述管涵拼接段(1)的所述后侧连接环上,每个所述管涵拼接段(1)的所述后侧连接环上所固定的所述预应力筋节段均为该管涵拼接段(1)后端所固定的所述预应力筋节段;

每道所述预应力筋节段的前端均通过一个所述锚具(6)布设在一个所述管涵拼接段(1)的所述前侧连接环上,每个所述管涵拼接段(1)的所述前侧连接环上所布设的所述预应力筋节段均为该管涵拼接段(1)前端需张拉的所述预应力筋节段;

所述管涵本体中除所述前端拼接段和所述后端拼接段之外的所有管涵拼接段(1)均为

中间拼接段,所述前端拼接段和所述后端拼接段的外侧均布设有 $2n$ 道所述预应力筋节段,所述前端拼接段和所述后端拼接段外侧所布设的 $2n$ 道所述预应力筋节段沿圆周方向布设;每个所述中间拼接段外侧均布设有 $4n$ 道所述预应力筋节段, $4n$ 道所述预应力筋节段沿圆周方向布设;

每道所述组合式预应力筋(4)中的所有预应力筋节段均为平直预应力筋节段(5);每道所述组合式预应力筋(4)中前后相邻两个所述预应力筋节段分别为后侧节段和位于所述后侧节段前侧的前侧节段,所述后侧节段前端所安装锚具(6)与所述前侧节段后端所安装锚具(6)之间均为一个所述管涵拼接段(1);

三道所述组合式预应力筋(4)中一道所述组合式预应力筋(4)的所述后端预应力筋节段后端通过锚具(6)固定在所述后端拼接段的所述后侧连接环上,另一道所述组合式预应力筋(4)的所述后端预应力筋节段后端通过锚具(6)固定在所述第二拼接段的所述后侧连接环上,第三道所述组合式预应力筋(4)的所述后端预应力筋节段后端通过锚具(6)固定在所述第三拼接段的所述后侧连接环上;

每道所述平直预应力筋节段(5)均位于一个两段式拼接管廊外侧,每个所述两段式拼接管廊均由前后相邻两个所述管涵拼接段(1)拼接而成;所述两段式拼接管廊上位于最前侧的一个所述钢连接环为前部安装环,所述两段式拼接管廊上位于最后侧的一个所述钢连接环为后部安装环;每道所述平直预应力筋节段(5)前端所安装的锚具(6)均布设于一个所述前部安装环上,每道所述平直预应力筋节段(5)后端所安装的锚具(6)均布设于一个所述后部安装环上,每道所述平直预应力筋节段(5)均连接于一个所述两段式拼接管廊的所述前部安装环与所述后部安装环之间;

所述管涵本体中布设于同一竖直面上的所有平直预应力筋节段(5)组成一个对所述两段式拼接管廊进行整体加固的两段张拉预应力加固组,布设于同一个所述钢连接环上的所有锚具(6)沿圆周方向布设且其均位于所述管涵本体的同一个横断面上;

对所施工管涵进行施工时,包括以下步骤:

步骤一、基座施工:沿所施工管涵的纵向延伸方向由后向前对基座(16)进行施工;

步骤二、波纹钢管涵拼接施工:沿所施工管涵的纵向延伸方向由后向前在步骤一中施工成型的基座(16)上,对所述波纹钢管涵的多个所述管涵拼接段(1)分别进行拼接施工,包括以下步骤:

步骤A1、后端拼接段拼接施工:采用吊装设备将带有后端连接机构的所述后端拼接段移动到位,再对所述后端拼接段后端所固定的 $2n$ 道所述预应力筋节段分别进行穿设;

所述后端连接机构包括所述后端拼接段后端设置的后端连接环(3)和 $2n$ 个布设在后端连接环(3)上的锚具(6);

对所述后端拼接段后端所固定的 $2n$ 道所述预应力筋节段进行穿设时, $2n$ 道所述预应力筋节段的穿设方法均相同;对所述后端拼接段后端所固定的任一道所述预应力筋节段进行穿设时,将该预应力筋节段的后端固定于所述后端拼接段后端的一个所述锚具(6)上,并将该预应力筋节段沿所施工管涵的纵向延伸方向布设;

步骤A2、下一个拼接段拼接施工:采用吊装设备将下一个所述管涵拼接段(1)移动到位,并使所吊装的当前所拼接节段后端与后侧已拼接节段的前端紧贴,同时在当前所拼接节段与所述后侧已拼接节段之间的连接处安装中间连接机构;再对当前所拼接节段后端所

固定的2n道所述预应力筋节段分别进行穿设；待2n道所述预应力筋节段均穿设完成后，沿所施工管涵的纵向延伸方向由后向前对当前所拼接节段前端需张拉的2n道所述预应力筋节段同步进行张拉；

所述当前所拼接节段为本步骤中所拼接的管涵拼接段(1)，所述后侧已拼接节段为位于所述当前所拼接节段后侧且与所述当前所拼接节段相邻的管涵拼接段(1)；所述中间连接机构包括一个所述中间连接环(2)和4n个布设在中间连接环(2)上的锚具(6)；

对当前所拼接节段后端所固定的2n道所述预应力筋节段分别进行穿设时，2n道所述预应力筋节段的穿设方法均相同；对当前所拼接节段后端所固定的任一道所述预应力筋节段进行穿设时，将该预应力筋节段的后端固定于当前所拼接节段后端的一个所述锚具(6)上，并将该预应力筋节段沿所施工管涵的纵向延伸方向布设；

对当前所拼接节段前端需张拉的2n道所述预应力筋节段同步进行张拉之前，先将2n道所述预应力筋节段的前端分别安装在当前所拼接节段前端的一个所述锚具(6)上；

步骤A3、多次重复步骤A2，直至完成所述管涵本体中位于所述前端连接段后侧的所有管涵拼接段(1)的拼接施工过程；

步骤A4、前端连接段拼接施工：采用吊装设备将带有前端连接机构的所述前端拼接段移动到位，并使所述前端拼接段后端与相邻已拼接节段的前端紧贴，同时在所述前端拼接段与所述相邻已拼接节段之间的连接处安装所述中间连接机构；再沿所施工管涵的纵向延伸方向由后向前对所述前端拼接段前端需张拉的2n道所述预应力筋节段同步进行张拉，完成所述波纹钢管涵的拼接施工过程；

所述前端连接机构包括所述前端拼接段前端设置的所述前端连接环和2n个布设在所述前端连接环上的锚具(6)；

所述相邻已拼接节段为所述管涵本体中与所述前端连接环相邻的管涵拼接段(1)；

对所述前端拼接段前端需张拉的2n道所述预应力筋节段同步进行张拉之前，先将2n道所述预应力筋节段的前端分别安装在所述前端拼接段前端的一个所述锚具(6)上；

步骤三、回填土：在步骤二中所述波纹钢管涵外侧回填土，获得填土层(15)。

2. 按照权利要求1所述的一种波纹钢管涵的施工方法，其特征在于：所述波纹钢管的内径为d，其中d的取值范围为 $\phi 30\text{m} \sim \phi 80\text{m}$ ；所述波纹钢管的波高 $h = \frac{D-d}{2}$ ，其中D为所述波纹钢管的外径，h的取值范围为50mm~150mm；所述波纹钢管的波距为 $\lambda$ ， $\lambda$ 的取值范围为100mm~480mm。

3. 按照权利要求1或2所述的一种波纹钢管涵的施工方法，其特征在于：每个所述钢连接环均由多个弧形拼接段拼接而成，多个所述弧形拼接段沿圆周方向布设在同一竖直面上，相邻两个所述弧形拼接段之间以焊接方式进行固定连接；

步骤A1中进行后端拼接段拼接施工之前，先在所述后端拼接段后端焊接固定后端连接环(3)，再在后端连接环(3)上布设2n个所述锚具(6)并形成所述后端连接机构；

步骤A4中进行前端连接段拼接施工之前，先在所述前端拼接段前端焊接固定所述前端连接环，再在所述前端连接环上布设2n个所述锚具(6)并形成所述前端连接机构；

步骤A2中在当前所拼接节段与所述后侧已拼接节段之间的连接处安装所述中间连接机构时，在当前所拼接节段与所述后侧已拼接节段之间的连接处对组成中间连接环(2)的

多个所述弧形拼接段进行拼接,获得拼接成型的中间连接环(2);

对组成中间连接环(2)的多个所述弧形拼接段进行拼接之前,将4n个所述锚具(6)分别固定在该中间连接环(2)的所述弧形拼接段上;或者待中间连接环(2)拼装成型后,将4n个所述锚具(6)分别固定在拼装成型的中间连接环(2)上。

4.按照权利要求3所述的一种波纹钢管涵的施工方法,其特征在于:每个所述中间连接环(2)上均设置有2n个对所述预应力筋节段进行导向的导向座(12),2n个所述导向座(12)沿圆周方向布设且其均为钢支撑座,每个所述导向座(12)上均设置有对一道所述预应力筋节段进行导向的导向孔(7),所述导向孔(7)为圆孔;每个所述导向座(12)均固定在中间连接环(2)的外侧壁上;

步骤A2中对组成中间连接环(2)的多个所述弧形拼接段进行拼接之前,将2n个所述导向座(12)分别固定在该中间连接环(2)的所述弧形拼接段上;或者待中间连接环(2)拼装成型后,将2n个所述导向座(12)分别固定在拼装成型的中间连接环(2)上;

步骤A2中对当前所拼接节段前端需张拉的2n道所述预应力筋节段同步进行张拉之前,先将当前所拼接节段前端需张拉的每道所述预应力筋节段均从当前所拼接节段后端的一个导向座(12)内穿过,再将当前所拼接节段前端需张拉的每道所述预应力筋节段前端分别安装在当前所拼接节段前端的一个所述锚具(6)上,并使各道所述预应力筋节段均沿所施工管廊的纵向延伸方向布设。

5.按照权利要求1或2所述的一种波纹钢管涵的施工方法,其特征在于:所述填土层(15)的上表面为水平面;所述填土层(15)上铺设供车辆行走的车道,所述车道的数量为多个;

所述管涵本体中多个所述管涵拼接段(1)的纵向长度均相同;

步骤A2中进行下一个拼接段拼接施工之前,先根据公式  $F_m = \frac{F_M}{4n}$  (I),对所述预应力筋节段的张拉力最小值 $F_m$ 进行确定;

公式(I)中, $F_M$ 为极限状态下每个所述管涵拼接段(1)的正压力且 $F_M = \gamma_0(\gamma_D N_D + \gamma_L N_L)/A$  (II);公式(II)中, $\gamma_0$ 为管涵拼接段(1)的结构主要性系数且 $\gamma_0 = 1.1$ , $\gamma_D$ 为恒载分项系数且 $\gamma_D = 1.2$ , $\gamma_L$ 为活载分项系数且 $\gamma_L = 1.4$ ;A为管涵拼接段(1)的横截面积且其单位为 $m^2$ ;

$N_D$ 为土重力引起的波纹钢压力且 $N_D = 0.5(1.0 - 0.1C_s)A_f W$ , $N_D$ 的单位为kN/m, $A_f$ 为考虑结构起拱效应的土压力增大系数; $W$ 为管涵拼接段(1)上方填土每延米的重力且其单位为kN/m, $W = \gamma \cdot D_h \cdot (H + 0.1075D_v)$ ,其中 $\gamma$ 为管涵拼接段(1)上填土的重度且其单位为 $kN/m^3$ , $D_h$ 为管涵拼接段(1)的有效跨度且其单位为m, $D_v$ 为管涵拼接段(1)的有效矢高且其单位为m, $H$ 为管涵拼接段(1)顶部上方的填土高度且其单位为m;

$C_s$ 为考虑回填土性质与结构尺寸的土压力折减系数且 $C_s = \frac{1000E_s D_v}{E \cdot A}$ , $E$ 为管涵拼接段(1)所用波纹钢板的弹性模量且其单位为MPa, $E_s$ 为管涵拼接段(1)上填土的土体弹性模量且其单位为MPa;

$N_L$ 为车辆荷载引起的波纹钢压力且 $N_L = 0.5D_h \sigma_L$ , $N_L$ 的单位为kN/m;

$\sigma_L$  为车辆荷载扩展到管涵拼接段 (1) 拱顶的压力且其单位为 kN/m,  $\sigma_L = \frac{A_l(1+\mu)}{w \cdot l_t} \cdot m_f$ ; 其

中,  $\mu$  为车辆冲击扩大系数且  $\mu = 0.4(1.0-0.5H)$ ;  $A_l$  为管涵拼接段 (1) 跨度范围内布置车辆的总轴重标准值且其单位为 kN,  $w$  为管涵拼接段 (1) 上沿车道宽度方向扩散后的尺寸且其单位为 m,  $l_t$  为管涵拼接段 (1) 上沿车道长度方向扩散后的尺寸且其单位为 m,  $m_f$  为多车道折减系数;

步骤 A2 中沿所施工管涵的纵向延伸方向由后向前对第二拼接段前端需张拉的 2n 道所述预应力筋节段同步进行张拉时, 所述第二拼接段前端需张拉的 2n 道所述预应力筋节段的张拉力均相同且每道所述预应力筋节段的张拉力均不小于  $2F_m$ ;

步骤 A4 中沿所施工管涵的纵向延伸方向由后向前对所述前端拼接段前端需张拉的 2n 道所述预应力筋节段同步进行张拉时, 所述前端拼接段前端需张拉的 2n 道所述预应力筋节段的张拉力均相同且每道所述预应力筋节段的张拉力均不小于  $2F_m$ ;

所述管涵本体中除所述后端拼接段、所述前端拼接段和所述第二拼接段之外的所有管涵拼接段 (1) 均为中部拼接段;

步骤 A2 中沿所施工管涵的纵向延伸方向由后向前对任一个所述中部拼接段前端需张拉的 2n 道所述预应力筋节段同步进行张拉时, 所述中部拼接段前端需张拉的 2n 道所述预应力筋节段的张拉力均相同且每道所述预应力筋节段的张拉力均不小于  $F_m$ 。

6. 按照权利要求 3 所述的一种波纹钢管涵的施工方法, 其特征在于: 每个所述管涵拼接段 (1) 的前后两端均为所述波纹钢管的一个波谷, 每个所述管涵拼接段 (1) 的前后两端呈对称布设; 前后相邻两个所述管涵拼接段 (1) 包括后拼接段和位于所述后拼接段前侧且与所述后拼接段连接的前拼接段, 所述后拼接段的前端与所述前拼接段的后端紧贴, 所述管涵本体中所有管涵拼接段 (1) 连接成一个拼接式波纹钢管, 前后相邻两个所述管涵拼接段 (1) 之间的连接处均为所述拼接式波纹钢管的一个波谷所处位置。

7. 按照权利要求 6 所述的一种波纹钢管涵的施工方法, 其特征在于: 前后相邻两个所述管涵拼接段 (1) 之间的连接处外侧均套装有一个外加固环 (8), 所述外加固环 (8) 为圆环形且其横截面为拱形, 所述外加固环 (8) 套箍在所述拼接式波纹钢管上, 所述外加固环 (8) 的内侧壁与所述拼接式波纹钢管的外侧壁紧贴; 所述外加固环 (8) 的纵向长度为  $d_1$ ,  $d_1$  的取值范围为  $0.15\lambda \sim 0.3\lambda$ , 其中  $\lambda$  为所述波纹钢管的波距;

所述外加固环 (8) 为钢环, 每个所述中间连接环 (2) 均套装在一个所述外加固环 (8) 上且二者固定连接, 每个所述中间连接环 (2) 均与其所固定的外加固环 (8) 呈同轴布设且二者布设于所述拼接式波纹钢管的同一个横断面上;

所述后端拼接段的后端设置有后端加固环 (9), 所述前端拼接段的前端设置有前端加固环, 所述后端加固环 (9) 和所述前端加固环的结构和尺寸均相同且二者呈对称布设; 所述后端加固环 (9) 套箍在所述拼接式波纹钢管的后端外侧, 所述前端加固环套箍在所述拼接式波纹钢管的前端外侧; 所述后端加固环 (9) 和所述前端加固环的内侧壁均与其所处位置处所述拼接式波纹钢管的外侧壁紧贴, 所述后端加固环 (9) 和所述前端加固环均焊接固定在所述拼接式波纹钢管上; 所述后端加固环 (9) 和所述前端加固环均为钢环且二者均为圆环形, 所述后端加固环 (9) 的纵向长度为外加固环 (8) 纵向长度的一半;

所述后端连接环 (3) 套装在后端加固环 (9) 上且二者固定连接, 所述后端连接环 (3) 和

后端加固环(9)呈同轴布设且二者布设于所述拼接式波纹钢管的同一个横断面上,所述后端连接环(3)和后端加固环(9)的后端面均与所述后端拼接段的后端相平齐;

所述前端连接环套装在所述前端加固环上且二者固定连接,所述前端连接环和所述前端加固环呈同轴布设且二者布设于所述拼接式波纹钢管的同一个横断面上,所述前端连接环和所述前端加固环的前端面均与所述前端拼接段的前端相平齐;

所述后端加固环(9)、所述前端加固环和外加固环(8)均由多个弧形连接段拼接而成,多个所述弧形连接段沿圆周方向布设在同一竖直面上,相邻两个所述弧形连接段之间以焊接方式进行固定连接;

步骤A1中在所述后端拼接段后端焊接固定后端连接环(3)之前,先在所述后端拼接段后端外侧焊接固定后端加固环(9),再将后端连接环(3)焊接固定在后端加固环(9)上;

步骤A4中在所述前端拼接段前端焊接固定所述前端连接环之前,再在所述前端拼接段前端焊接固定所述前端加固环,再将所述前端连接环焊接固定在所述前端加固环上;

步骤A2中对组成中间连接环(2)的多个所述弧形拼接段进行拼接之前,先对组成外加固环(8)的多个所述弧形连接段进行拼接,获得拼接成型的外加固环(8);再在外加固环(8)上,对组成中间连接环(2)的多个所述弧形拼接段进行拼接。

8.按照权利要求7所述的一种波纹钢管涵的施工方法,其特征在于:每个所述钢连接环内侧均设置有一个内加固环(14),所述内加固环(14)为圆环形且其套装于所述拼接式波纹钢管内,所述内加固环(14)的外侧壁与所述拼接式波纹钢管的内侧壁紧贴;所述内加固环(14)的纵向长度为 $d_2$ , $d_2$ 的取值范围为 $0.08\lambda \sim 0.2\lambda$ ;每个所述内加固环(14)均与位于其外侧的所述钢连接环呈同轴布设且二者均布设于所述拼接式波纹钢管的同一个横断面上;

所述内加固环(14)为钢环,所述内加固环(14)与所述拼接式波纹钢管焊接固定为一体;

步骤A1中后端拼接段拼接施工完成后,在所述后端拼接段后端内侧支立内加固环(14),并使内加固环(14)支撑于所述后端拼接段内;

步骤A4中将带有前端连接机构的所述前端拼接段移动到位后,在所述前端拼接段的前端内侧支立内加固环(14),并使内加固环(14)支撑于所述前端拼接段内,再沿所施工管涵的纵向延伸方向由后向前对所述前端拼接段前端需张拉的 $2n$ 道所述预应力筋节段同步进行张拉;

步骤A2中进行下一个拼接段拼接施工时,先在所述后侧已拼接节段的前端内侧支立内加固环(14),并使内加固环(14)支撑于所述后侧已拼接节段内;再采用吊装设备将当前所拼接节段移动到位,使所吊装的当前所拼接节段后端与后侧已拼接节段的前端紧贴,并使本步骤中所支立的内加固环(14)支撑于当前所拼接节段与所述后侧已拼接节段之间的连接处内侧;之后,在当前所拼接节段与所述后侧已拼接节段之间的连接处安装中间连接机构。

9.按照权利要求7所述的一种波纹钢管涵的施工方法,其特征在于:所述外加固环(8)底部与所述拼接式波纹钢管之间夹装有一个环形止水带(13),所述环形止水带(13)为圆环形;

步骤A2中对组成外加固环(8)的多个所述弧形连接段进行拼接之前,先在当前所拼接节段与所述后侧已拼接节段之间的连接处外侧布设环形止水带(13)。

10. 按照权利要求7所述的一种波纹钢管涵的施工方法,其特征在于:所述中间连接环(2)上固定锚具(6)的位置为纵向待加固位置,每个所述纵向待加固位置上均设置有一个纵向加固结构,每个所述纵向加固结构均与一个所述锚具(6)布设于同一平面上,每个所述纵向加固结构均沿所施工管涵的纵向延伸方向布设;

每个所述纵向加固结构均包括两个对称布设于中间连接环(2)前后两侧的纵向加固板(10),所述纵向加固板(10)为平直钢板且其底部固定在外加固环(8)的外侧壁上;每个所述纵向加固结构中两个所述纵向加固板(10)均布设于同一平面上且二者均沿所施工管涵的纵向延伸方向布设;位于所述拼接式波纹钢管同一个横断面上的多个所述纵向加固结构沿圆周方向布设,每个所述纵向加固结构均与其所固定的外加固环(8)呈垂直布设;所述纵向加固板(10)的一个侧壁为竖直向侧壁且其固定在中间连接环(2)上,所述纵向加固板(10)的另一个侧壁支撑于所述拼接式波纹钢管的外侧壁上,所述纵向加固板(10)的另一个侧壁与其所支撑位置处所述拼接式波纹钢管的外侧壁紧贴;所述纵向加固板(10)的上部为水平面且其上部与所固定中间连接环(2)的外侧壁相平齐;

所述后端连接环(3)上固定锚具(6)的位置为后端待加固位置,每个所述后端待加固位置上均设置有一个后端加固板(11),所述后端加固板(11)的结构与纵向加固板(10)的结构相同,所述后端加固板(11)为平直钢板且其底部固定在所述后端加固环(9)的外侧壁上;所述后端加固板(11)沿所施工管涵的纵向延伸方向布设;所述拼接式波纹钢管上的多个所述后端加固板(11)沿圆周方向布设,每个所述后端加固板(11)均与其所固定的后端加固环(9)呈垂直布设;所述后端加固环(9)的后侧壁为竖直向侧壁且其固定在后端连接环(3)上,所述后端加固环(9)的前侧壁支撑于所述拼接式波纹钢管的外侧壁上,所述后端加固环(9)的前侧壁与其所支撑位置处所述拼接式波纹钢管的外侧壁紧贴;所述后端加固环(9)的上部为水平面且其上部与所固定后端连接环(3)的外侧壁相平齐;

所述前端连接环上固定锚具(6)的位置为前端待加固位置,每个所述前端待加固位置上均设置有一个前端加固板,所述前端加固板和后端加固板(11)的结构和尺寸均相同,所述前端加固板为平直钢板且其底部固定在所述前端加固环的外侧壁上;所述前端加固板沿所施工管涵的纵向延伸方向布设;所述拼接式波纹钢管上的多个所述前端加固板沿圆周方向布设,每个所述前端加固板均与其所固定的前端加固环呈垂直布设;所述前端加固环的前侧壁为竖直向侧壁且其固定在所述前端连接环上,所述前端加固环的后侧壁支撑于所述拼接式波纹钢管的外侧壁上,所述前端加固环的后侧壁与其所支撑位置处所述拼接式波纹钢管的外侧壁紧贴;所述前端加固环的上部为水平面且其上部与所固定前端连接环的外侧壁相平齐。



## 一种波纹钢管涵的施工方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于管涵施工技术领域,尤其是涉及一种波纹钢管涵的施工方法。

### 背景技术

[0002] 管涵是洞身构造型式为圆管的涵洞,洞身部分包括圆管、基座、防水层等,目前所采用的圆管通常均为钢筋混凝土管。其中,管廊为一种特殊的管涵。近年来,我国城市化进程不断加快,城市综合实力不断增强,城市地下空间不断被开发,综合管廊的重要性越来越被人们认识。综合管廊是指建于城市地下用于容纳两类及以上城市工程管线的构筑物及附属设施,也称为地下城市管道综合走廊,即在城市地下建造一个隧道空间,将电力、通讯,燃气、供热、给排水等各种工程管线集于一体,设有专门的检修口、吊装口和监测系统,实施统一规划、统一设计、统一建设和管理,是保障城市运行的重要基础设施和“生命线”。综合管廊主要分为干线综合管廊、支线综合管廊和缆线管廊三类。其中,干线综合管廊是指用于容纳城市主干工程管线且采用独立分舱方式建设的综合管廊,支线综合管廊是用于容纳城市配给工程管线且采用单舱或双舱方式建设的综合管廊,缆线管廊是采用浅埋沟道方式建设、设有可开启盖板但其内部空间不能满足人员正常通行要求且用于容纳电力电缆和通信线缆的管廊。

[0003] 波纹钢结构管廊(也称为波纹钢结构管涵)中,圆管为整体波纹钢管(管径 $<3\text{m}$ )或由多块波纹钢板拼装成型的圆管,与传统砼结构现浇管涵相比具有以下优点:第一、施工效率高:预先在工厂加工且现场拼装成型,施工速度快,施工周期可节约30%以上;第二、造价低:波纹钢结构为钢质薄壳,其结构简单,工程造价较低;第三、适应性强:钢筋混凝土结构在地基产生不均匀沉降变形时,容易产生裂缝等病害;而波纹钢结构具有适应地基与基础变形的能力,避免因地基基础不均匀沉降导致的结构破坏问题;第四、标准环保:波纹钢结构采用工厂标准化设计、生产,结构简单,质量易控,并且波纹钢结构减少了水泥、碎石、砂等自然材料的用量,保护了环境,低碳环保;第五、由于波纹的存在,增加了管涵结构的截面刚度。目前,波纹钢结构管涵因截面刚度大、工厂化加工成型且现场拼装简便、造价低、适应性强、标准环保等优势,已广泛应用于市政工程和公路工程中。

[0004] 但实际使用过程中,波纹钢结构管涵存在以下缺陷:第一、管径偏小:管径通常不大于 $3\text{m}$ ,所提供的空间有限,不能够满足干线管廊及尺寸较大的支线管廊的空间要求;第二、缺少简便、有效的拼接方法,目前波纹钢管型结构的纵向拼接方法主要有两种,第一种为焊接,第二种为法兰与螺栓连接,但第一种方法施工速度慢且所耗费的人力成本较高,第二种方法虽施工较快,但没有充分发挥波纹钢的结构特点和优势,在纵向连接部位容易出现损伤和渗漏现象;第三、波纹钢结构耐久性较差和受力性能较差,尤其是长距离的大管径拼接式管涵,整体性较差且受力性能不佳,不可避免会出现诸多受损部位,后期维修工作量大。

## 发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题在于针对上述现有技术中的不足,提供一种波纹钢管涵的施工方法,其方法步骤简单、设计合理且施工简便、使用效果好,采用预应力加固构造对拼接式的波纹钢管涵进行分段式整体加固,并对预应力加固构造中各预应力筋组的结构和布设位置进行限定,管涵拼接段拼接过程中同步分段进行预应力加固,并且管涵本体中所有管涵拼接段通过预应力加固构造进行整体加固,能有效提高所施工成型管廊的整体性和受力性能,又能有效延长管廊的耐久性,尤其适用于长距离的大管径拼接式管廊使用。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案是:一种波纹钢管涵的施工方法,其特征在于:所施工管涵包括基座和支撑于基座上的波纹钢管涵,所述基座为现浇钢筋混凝土基座;所述基座和所述波纹钢管涵均沿所施工管涵的纵向延伸方向布设;所施工管涵外侧设置有填土层,所述基座和所述波纹钢管涵均位于填土层内;

[0007] 所述波纹钢管涵包括由多个管涵拼接段拼接而成的管涵本体和布设于所述管涵本体外侧的预应力加固构造,所述管涵本体呈水平布设,多个管涵拼接段沿所施工管涵的纵向延伸方向由后向前布设在同一直线上且其均支撑于基座上;每个所述管涵拼接段均为一个呈水平布设且横截面为圆形的波纹钢管,多个所述管涵拼接段的管径均相同,每个所述波纹钢管均为一个平直钢管,所述管涵本体中所有波纹钢管的横截面结构和尺寸均相同;多个所述管涵拼接段中位于最后侧的一个所述管涵拼接段为后端拼接段,多个所述管涵拼接段中位于最前侧的一个所述管涵拼接段为前端拼接段;前后相邻两个所述管涵拼接段之间均通过一个中间连接环进行连接,所述前端拼接段的前端同轴设置有前端连接环,所述后端拼接段的后端同轴设置有后端连接环,所述中间连接环、所述前端连接环和后端连接环均为圆环形且三者均为呈竖直向布设的钢连接环;位于所述管涵本体后侧的三个所述管涵拼接段由后向前分别为所述后端拼接段、第二拼接段和第三拼接段,所述后端拼接段为第一拼接段;每个所述管涵拼接段上位于前侧的所述钢连接环为前侧连接环,每个所述管涵拼接段上位于后侧的所述钢连接环为后侧连接环;

[0008] 所述预应力加固构造包括左右两个对称布设的预应力加固结构,两个所述预应力加固结构对称布设于基座的左右两侧上方;每个所述预应力加固结构均包括 $n$ 个由上至下布设于所述管涵本体外侧的预应力筋组, $n$ 个所述预应力筋组的结构均相同且其均沿所施工管涵的纵向延伸方向布设;每个所述预应力筋组均由三道从上至下布设的组合式预应力筋组成,所述预应力加固构造中的所有组合式预应力筋沿圆周方向布设;其中, $n$ 为正整数且 $n$ 的取值范围为 $2\sim 5$ ;所述预应力加固构造中包括 $2n$ 个所述预应力筋组, $2n$ 个所述预应力筋组沿圆周方向布设;所述预应力加固构造中包括 $6n$ 道所述组合式预应力筋, $6n$ 道所述组合式预应力筋沿圆周方向布设;

[0009] 每道所述组合式预应力筋均包括多道沿所施工管涵纵向延伸方向从后向前布设的预应力筋节段,每道所述预应力筋节段均为一道平直的预应力钢筋或预应力钢绞线,每道所述组合式预应力筋中的所有预应力筋节段均布设于同一直线上;每道所述预应力筋节段均呈水平布设,每道所述预应力筋节段的后端均为锚固端且其前端均为张拉端,每道所述预应力筋节段的前后两端均安装有一个锚具;每道所述组合式预应力筋中位于最后侧的一道所述预应力筋节段均为后端预应力筋节段;

[0010] 每道所述预应力筋节段的后端均通过一个所述锚具固定在一个所述管涵拼接段

的所述后侧连接环上,每个所述管涵拼接段的所述后侧连接环上所固定的所述预应力筋节段均为该管涵拼接段后端所固定的所述预应力筋节段;

[0011] 每道所述预应力筋节段的前端均通过一个所述锚具布设在一个所述管涵拼接段的所述前侧连接环上,每个所述管涵拼接段的所述前侧连接环上所布设的所述预应力筋节段均为该管涵拼接段前端需张拉的所述预应力筋节段;

[0012] 所述管涵本体中除所述前端拼接段和所述后端拼接段之外的所有管涵拼接段均为中间拼接段,所述前端拼接段和所述后端拼接段的外侧均布设有 $2n$ 道所述预应力筋节段,所述前端拼接段和所述后端拼接段外侧所布设的 $2n$ 道所述预应力筋节段沿圆周方向布设;每个所述中间拼接段外侧均布设有 $4n$ 道所述预应力筋节段, $4n$ 道所述预应力筋节段沿圆周方向布设;

[0013] 每道所述组合式预应力筋中的所有预应力筋节段均为平直预应力筋节段;每道所述组合式预应力筋中前后相邻两个所述预应力筋节段分别为后侧节段和位于所述后侧节段前侧的前侧节段,所述后侧节段前端所安装锚具与所述前侧节段后端所安装锚具之间均为一个所述管涵拼接段;

[0014] 三道所述组合式预应力筋中一道所述组合式预应力筋的所述后端预应力筋节段后端通过锚具固定在所述后端拼接段的所述后侧连接环上,另一道所述组合式预应力筋的所述后端预应力筋节段后端通过锚具固定在所述第二拼接段的所述后侧连接环上,第三道所述组合式预应力筋的所述后端预应力筋节段后端通过锚具固定在所述第三拼接段的所述后侧连接环上;

[0015] 每道所述平直预应力筋节段均位于一个两段式拼接管廊外侧,每个所述两段式拼接管廊均由前后相邻两个所述管涵拼接段拼接而成;所述两段式拼接管廊上位于最前侧的一个所述钢连接环为前部安装环,所述两段式拼接管廊上位于最后侧的一个所述钢连接环为后部安装环;每道所述平直预应力筋节段前端所安装的锚具均布设于一个所述前部安装环上,每道所述平直预应力筋节段后端所安装的锚具均布设于一个所述后部安装环上,每道所述平直预应力筋节段均连接于一个所述两段式拼接管廊的所述前部安装环与所述后部安装环之间;

[0016] 所述管涵本体中布设于同一竖直面上的所有平直预应力筋节段组成一个对所述两段式拼接管廊进行整体加固的两段张拉预应力加固组,布设于同一个所述钢连接环上的所有锚具沿圆周方向布设且其均位于所述管涵本体的同一个横断面上;

[0017] 对所施工管涵进行施工时,包括以下步骤:

[0018] 步骤一、基座施工:沿所施工管涵的纵向延伸方向由后向前对基座进行施工;

[0019] 步骤二、波纹钢管涵拼接施工:沿所施工管涵的纵向延伸方向由后向前在步骤一中施工成型的基座上,对所述波纹钢管涵的多个所述管涵拼接段分别进行拼接施工,包括以下步骤:

[0020] 步骤A1、后端拼接段拼接施工:采用吊装设备将带有后端连接机构的所述后端拼接段移动到位,再对所述后端拼接段后端所固定的 $2n$ 道所述预应力筋节段分别进行穿设;

[0021] 所述后端连接机构包括所述后端拼接段后端设置的后端连接环和 $2n$ 个布设在后端连接环上的锚具;

[0022] 对所述后端拼接段后端所固定的 $2n$ 道所述预应力筋节段进行穿设时, $2n$ 道所述预

应力筋节段的穿设方法均相同;对所述后端拼接段后端所固定的任一道所述预应力筋节段进行穿设时,将该预应力筋节段的后端固定于所述后端拼接段后端的一个所述锚具上,并将该预应力筋节段沿所施工管涵的纵向延伸方向布设;

[0023] 步骤A2、下一个拼接段拼接施工:采用吊装设备将下一个所述管涵拼接段移动到位,并使所吊装的当前所拼接节段后端与后侧已拼接节段的前端紧贴,同时在当前所拼接节段与所述后侧已拼接节段之间的连接处安装中间连接机构;再对当前所拼接节段后端所固定的2n道所述预应力筋节段分别进行穿设;待2n道所述预应力筋节段均穿设完成后,沿所施工管涵的纵向延伸方向由后向前对当前所拼接节段前端需张拉的 2n道所述预应力筋节段同步进行张拉;

[0024] 所述当前所拼接节段为本步骤中所拼接的管涵拼接段,所述后侧已拼接节段为位于所述当前所拼接节段后侧且与所述当前所拼接节段相邻的管涵拼接段;所述中间连接机构包括一个所述中间连接环和4n个布设在中间连接环上的锚具;

[0025] 对当前所拼接节段后端所固定的2n道所述预应力筋节段分别进行穿设时,2n道所述预应力筋节段的穿设方法均相同;对当前所拼接节段后端所固定的任一道所述预应力筋节段进行穿设时,将该预应力筋节段的后端固定于当前所拼接节段后端的一个所述锚具上,并将该预应力筋节段沿所施工管涵的纵向延伸方向布设;

[0026] 对当前所拼接节段前端需张拉的2n道所述预应力筋节段同步进行张拉之前,先将2n道所述预应力筋节段的前端分别安装在当前所拼接节段前端的一个所述锚具上;

[0027] 步骤A3、多次重复步骤A2,直至完成所述管涵本体中位于所述前端连接段后侧的所有管涵拼接段的拼接施工过程;

[0028] 步骤A4、前端连接段拼接施工:采用吊装设备将带有前端连接机构的所述前端拼接段移动到位,并使所述前端拼接段后端与相邻已拼接节段的前端紧贴,同时在所述前端拼接段与所述相邻已拼接节段之间的连接处安装所述中间连接机构;再沿所施工管涵的纵向延伸方向由后向前对所述前端拼接段前端需张拉的2n道所述预应力筋节段同步进行张拉,完成所述波纹钢管涵的拼接施工过程;

[0029] 所述前端连接机构包括所述前端拼接段前端设置的所述前端连接环和2n个布设在所述前端连接环上的锚具;

[0030] 所述相邻已拼接节段为所述管涵本体中与所述前端连接环相邻的管涵拼接段;

[0031] 对所述前端拼接段前端需张拉的2n道所述预应力筋节段同步进行张拉之前,先将2n道所述预应力筋节段的前端分别安装在所述前端拼接段前端的一个所述锚具上;

[0032] 步骤三、回填土:在步骤二中所述波纹钢管涵外侧回填土,获得填土层。

[0033] 上述一种波纹钢管涵的施工方法,其特征是:所述波纹钢管的内径为d,其中d的取值范围为 $\phi 30\text{m} \sim \phi 80\text{m}$ ;所述波纹钢管的波高 $h = \frac{D-d}{2}$ ,其中D为所述波纹钢管的外径,h的

取值范围为50mm~150mm;所述波纹钢管的波距为 $\lambda$ , $\lambda$ 的取值范围为100mm~480mm。

[0034] 上述一种波纹钢管涵的施工方法,其特征是:每个所述钢连接环均由多个弧形拼接段拼接而成,多个所述弧形拼接段沿圆周方向布设在同一竖直面上,相邻两个所述弧形拼接段之间以焊接方式进行固定连接;

[0035] 步骤A1中进行后端拼接段拼接施工之前,先在所述后端拼接段后端焊接固定后端

连接环,再在后端连接环上布设2n个所述锚具并形成所述后端连接机构;

[0036] 步骤A4中进行前端连接段拼接施工之前,先在所述前端拼接段前端焊接固定所述前端连接环,再在所述前端连接环上布设2n个所述锚具并形成所述前端连接机构;

[0037] 步骤A2中在当前所拼接节段与所述后侧已拼接节段之间的连接处安装所述中间连接机构时,在当前所拼接节段与所述后侧已拼接节段之间的连接处对组成中间连接环的多个所述弧形拼接段进行拼接,获得拼接成型的中间连接环;

[0038] 对组成中间连接环的多个所述弧形拼接段进行拼接之前,将4n个所述锚具分别固定在该中间连接环的所述弧形拼接段上;或者待中间连接环拼装成型后,将4n个所述锚具分别固定在拼装成型的中间连接环上。

[0039] 上述一种波纹钢管涵的施工方法,其特征是:每个所述中间连接环上均设置有2n个对所述预应力筋节段进行导向的导向座,2n个所述导向座沿圆周方向布设且其均为钢支撑座,每个所述导向座上均设置有对一道所述预应力筋节段进行导向的导向孔,所述导向孔为圆孔;每个所述导向座均固定在中间连接环的外侧壁上;

[0040] 步骤A2中对组成中间连接环的多个所述弧形拼接段进行拼接之前,将2n个所述导向座分别固定在该中间连接环的所述弧形拼接段上;或者待中间连接环拼装成型后,将2n个所述导向座分别固定在拼装成型的中间连接环上;

[0041] 步骤A2中对当前所拼接节段前端需张拉的2n道所述预应力筋节段同步进行张拉之前,先将当前所拼接节段前端需张拉的每道所述预应力筋节段均从当前所拼接节段后端的一个导向座内穿过,再将当前所拼接节段前端需张拉的每道所述预应力筋节段前端分别安装在当前所拼接节段前端的一个所述锚具上,并使各道所述预应力筋节段均沿所施工管廊的纵向延伸方向布设。

[0042] 上述一种波纹钢管涵的施工方法,其特征是:所述填土层的上表面为水平面;所述填土层上铺设供车辆行走的车道,所述车道的数量为多个;

[0043] 所述管涵本体中多个所述管涵拼接段的纵向长度均相同;

[0044] 步骤A2中进行下一个拼接段拼接施工之前,先根据公式  $F_m = \frac{F_M}{4n}$  (I),对所述预应力筋节段的张拉力最小值  $F_m$  进行确定;

[0045] 公式(I)中,  $F_M$  为极限状态下每个所述管涵拼接段的正压力且  $F_M = \gamma_0 (\gamma_D N_D + \gamma_L N_L) / A$  (II);公式(II)中,  $\gamma_0$  为管涵拼接段的结构主要性系数且  $\gamma_0 = 1.1$ ,  $\gamma_D$  为恒载分项系数且  $\gamma_D = 1.2$ ,  $\gamma_L$  为活载分项系数且  $\gamma_L = 1.4$ ;  $A$  为管涵拼接段的横截面积且其单位为  $m^2$ ;

[0046]  $N_D$  为土重力引起的波纹钢压力且  $N_D = 0.5 (1.0 - 0.1 C_s) A_f W$ ,  $N_D$  的单位为  $kN/m$ ,  $A_f$  为考虑结构起拱效应的土压力增大系数;  $W$  为管涵拼接段上方填土每延米的重力且其单位为  $kN/m$ ,  $W = \gamma \cdot D_h \cdot (H + 0.1075 D_v)$ , 其中  $\gamma$  为管涵拼接段上填土的重度且其单位为  $kN/m^3$ ,  $D_h$  为管涵拼接段的有效跨度且其单位为  $m$ ,  $D_v$  为管涵拼接段的有效矢高且其单位为  $m$ ,  $H$  为管涵拼接段顶部上方的填土高度且其单位为  $m$ ;

[0047]  $C_s$  为考虑回填土性质与结构尺寸的土压力折减系数且  $C_s = \frac{1000 E_s D_v}{E \cdot A}$ ,  $E$  为管涵拼接段所用波纹钢板的弹性模量且其单位为  $MPa$ ,  $E_s$  为管涵拼接段上填土的土体弹性模量且其单位为  $MPa$ ;

[0048]  $N_L$  为车辆荷载引起的波纹钢压力且  $N_L = 0.5D_h\sigma_L$ ,  $N_L$  的单位为  $\text{kN/m}$ ;

[0049]  $\sigma_L$  为车辆荷载扩展到管涵拼接段拱顶的压力且其单位为  $\text{kN/m}$ ,  $\sigma_L = \frac{A_l(1+\mu)}{w \cdot l_t} \cdot m_f$ ;

其中,  $\mu$  为车辆冲击扩大系数且  $\mu = 0.4(1.0-0.5H)$ ;  $A_l$  为管涵拼接段跨度范围内布置车辆的总轴重标准值且其单位为  $\text{kN}$ ,  $w$  为管涵拼接段上沿车道宽度方向扩散后的尺寸且其单位为  $\text{m}$ ,  $l_t$  为管涵拼接段上沿车道长度方向扩散后的尺寸且其单位为  $\text{m}$ ,  $m_f$  为多车道折减系数;

[0050] 步骤A2中沿所施工管涵的纵向延伸方向由后向前对第二拼接段前端需张拉的2n道所述预应力筋节段同步进行张拉时,所述第二拼接段前端需张拉的2n道所述预应力筋节段的张拉力均相同且每道所述预应力筋节段的张拉力均不小于  $2F_m$ ;

[0051] 步骤A4中沿所施工管涵的纵向延伸方向由后向前对所述前端拼接段前端需张拉的2n道所述预应力筋节段同步进行张拉时,所述前端拼接段前端需张拉的2n道所述预应力筋节段的张拉力均相同且每道所述预应力筋节段的张拉力均不小于  $2F_m$ ;

[0052] 所述管涵本体中除所述后端拼接段、所述前端拼接段和所述第二拼接段之外的所有管涵拼接段均为中部拼接段;

[0053] 步骤A2中沿所施工管涵的纵向延伸方向由后向前对任一个所述中部拼接段前端需张拉的2n道所述预应力筋节段同步进行张拉时,所述中部拼接段前端需张拉的2n道所述预应力筋节段的张拉力均相同且每道所述预应力筋节段的张拉力均不小于  $F_m$ 。

[0054] 上述一种波纹钢管涵的施工方法,其特征是:每个所述管涵拼接段的前后两端均为所述波纹钢管的一个波谷,每个所述管涵拼接段的前后两端呈对称布设;前后相邻两个所述管涵拼接段包括后拼接段和位于所述后拼接段前侧且与所述后拼接段连接的前拼接段,所述后拼接段的前端与所述前拼接段的后端紧贴,所述管涵本体中所有管涵拼接段连接成一个拼接式波纹钢管,前后相邻两个所述管涵拼接段之间的连接处均为所述拼接式波纹钢管的一个波谷所处位置。

[0055] 上述一种波纹钢管涵的施工方法,其特征是:前后相邻两个所述管涵拼接段之间的连接处外侧均套装有一个外加固环,所述外加固环为圆环形且其横截面为拱形,所述外加固环套箍在所述拼接式波纹钢管上,所述外加固环的内侧壁与所述拼接式波纹钢管的外侧壁紧贴;所述外加固环的纵向长度为  $d1$ ,  $d1$  的取值范围为  $0.15\lambda \sim 0.3\lambda$ , 其中  $\lambda$  为所述波纹钢管的波距;

[0056] 所述外加固环为钢环,每个所述中间连接环均套装在一个所述外加固环上且二者固定连接,每个所述中间连接环均与其所固定的外加固环呈同轴布设且二者布设于所述拼接式波纹钢管的同一个横断面上;

[0057] 所述后端拼接段的后端设置有后端加固环,所述前端拼接段的前端设置有前端加固环,所述后端加固环和所述前端加固环的结构和尺寸均相同且二者呈对称布设;所述后端加固环套箍在所述拼接式波纹钢管的后端外侧,所述前端加固环套箍在所述拼接式波纹钢管的前端外侧;所述后端加固环和所述前端加固环的内侧壁均与其所处位置处所述拼接式波纹钢管的外侧壁紧贴,所述后端加固环和所述前端加固环均焊接固定在所述拼接式波纹钢管上;所述后端加固环和所述前端加固环均为钢环且二者均为圆环形,所述后端加固环的纵向长度为外加固环纵向长度的一半;

[0058] 所述后端连接环套装在后端加固环上且二者固定连接,所述后端连接环和后端加

固环呈同轴布设且二者布设于所述拼接式波纹钢管的同一个横断面上,所述后端连接环和后端加固环的后端面均与所述后端拼接段的后端相平齐;

[0059] 所述前端连接环套装在所述前端加固环上且二者固定连接,所述前端连接环和所述前端加固环呈同轴布设且二者布设于所述拼接式波纹钢管的同一个横断面上,所述前端连接环和所述前端加固环的前端面均与所述前端拼接段的前端相平齐;

[0060] 所述后端加固环、所述前端加固环和外加固环均由多个弧形连接段拼接而成,多个所述弧形连接段沿圆周方向布设在同一竖直面上,相邻两个所述弧形连接段之间以焊接方式进行固定连接;

[0061] 步骤A1中在所述后端拼接段后端焊接固定后端连接环之前,先在所述后端拼接段后端外侧焊接固定后端加固环,再将后端连接环焊接固定在后端加固环上;

[0062] 步骤A4中在所述前端拼接段前端焊接固定所述前端连接环之前,再在所述前端拼接段前端焊接固定所述前端加固环,再将所述前端连接环焊接固定在所述前端加固环上;

[0063] 步骤A2中对组成中间连接环的多个所述弧形拼接段进行拼接之前,先对组成外加固环的多个所述弧形连接段进行拼接,获得拼接成型的外加固环;再在外加固环上,对组成中间连接环的多个所述弧形拼接段进行拼接。

[0064] 上述一种波纹钢管涵的施工方法,其特征是:每个所述钢连接环内侧均设置有一个内加固环,所述内加固环为圆环形且其套装于所述拼接式波纹钢管内,所述内加固环的外侧壁与所述拼接式波纹钢管的内侧壁紧贴;所述内加固环的纵向长度为 $d_2$ , $d_2$ 的取值范围为 $0.08\lambda \sim 0.2\lambda$ ;每个所述内加固环均与位于其外侧的所述钢连接环呈同轴布设且二者均布设于所述拼接式波纹钢管的同一个横断面上;

[0065] 所述内加固环为钢环,所述内加固环与所述拼接式波纹钢管焊接固定为一体;

[0066] 步骤A1中后端拼接段拼接施工完成后,在所述后端拼接段后端内侧支立内加固环,并使内加固环支撑于所述后端拼接段内;

[0067] 步骤A4中将带有前端连接机构的所述前端拼接段移动到位后,在所述前端拼接段的前端内侧支立内加固环,并使内加固环支撑于所述前端拼接段内,再沿所施工管涵的纵向延伸方向由后向前对所述前端拼接段前端需张拉的 $2n$ 道所述预应力筋节段同步进行张拉;

[0068] 步骤A2中进行下一个拼接段拼接施工时,先在所述后侧已拼接节段的前端内侧支立内加固环,并使内加固环支撑于所述后侧已拼接节段内;再采用吊装设备将当前所拼接节段移动到位,使所吊装的当前所拼接节段后端与后侧已拼接节段的前端紧贴,并使本步骤中所支立的内加固环支撑于当前所拼接节段与所述后侧已拼接节段之间的连接处内侧;之后,在当前所拼接节段与所述后侧已拼接节段之间的连接处安装中间连接机构。

[0069] 上述一种波纹钢管涵的施工方法,其特征是:所述外加固环底部与所述拼接式波纹钢管之间夹装有一个环形止水带,所述环形止水带为圆环形;

[0070] 步骤A2中对组成外加固环的多个所述弧形连接段进行拼接之前,先在当前所拼接节段与所述后侧已拼接节段之间的连接处外侧布设环形止水带。

[0071] 上述一种波纹钢管涵的施工方法,其特征是:所述中间连接环上固定锚具的位置为纵向待加固位置,每个所述纵向待加固位置上均设置有一个纵向加固结构,每个所述纵向加固结构均与一个所述锚具布设于同一平面上,每个所述纵向加固结构均沿所施工管涵

的纵向延伸方向布设；

[0072] 每个所述纵向加固结构均包括两个对称布设于中间连接环前后两侧的纵向加固板，所述纵向加固板为平直钢板且其底部固定在外加固环的外侧壁上；每个所述纵向加固结构中两个所述纵向加固板均布设于同一平面上且二者均沿所施工管涵的纵向延伸方向布设；位于所述拼接式波纹钢管同一个横断面上的多个所述纵向加固结构沿圆周方向布设，每个所述纵向加固结构均与其所固定的外加固环呈垂直布设；所述纵向加固板的一个侧壁为竖直向侧壁且其固定在中间连接环上，所述纵向加固板的另一个侧壁支撑于所述拼接式波纹钢管的外侧壁上，所述纵向加固板的另一个侧壁与其所支撑位置处所述拼接式波纹钢管的外侧壁紧贴；所述纵向加固板的上部为水平面且其上部与所固定中间连接环的外侧壁相平齐；

[0073] 所述后端连接环上固定锚具的位置为后端待加固位置，每个所述后端待加固位置上均设置有一个后端加固板，所述后端加固板的结构与纵向加固板的结构相同，所述后端加固板为平直钢板且其底部固定在所述后端加固环的外侧壁上；所述后端加固板沿所施工管涵的纵向延伸方向布设；所述拼接式波纹钢管上的多个所述后端加固板沿圆周方向布设，每个所述后端加固板均与其所固定的后端加固环呈垂直布设；所述后端加固环的后侧壁为竖直向侧壁且其固定在后端连接环上，所述后端加固环的前侧壁支撑于所述拼接式波纹钢管的外侧壁上，所述后端加固环的前侧壁与其所支撑位置处所述拼接式波纹钢管的外侧壁紧贴；所述后端加固环的上部为水平面且其上部与所固定后端连接环的外侧壁相平齐；

[0074] 所述前端连接环上固定锚具的位置为前端待加固位置，每个所述前端待加固位置上均设置有一个前端加固板，所述前端加固板和后端加固板的结构和尺寸均相同，所述前端加固板为平直钢板且其底部固定在所述前端加固环的外侧壁上；所述前端加固板沿所施工管涵的纵向延伸方向布设；所述拼接式波纹钢管上的多个所述前端加固板沿圆周方向布设，每个所述前端加固板均与其所固定的前端加固环呈垂直布设；所述前端加固环的前侧壁为竖直向侧壁且其固定在所述前端连接环上，所述前端加固环的后侧壁支撑于所述拼接式波纹钢管的外侧壁上，所述前端加固环的后侧壁与其所支撑位置处所述拼接式波纹钢管的外侧壁紧贴；所述前端加固环的上部为水平面且其上部与所固定前端连接环的外侧壁相平齐。

[0075] 本发明与现有技术相比具有以下优点：

[0076] 1、所采用的波纹钢管涵结构设计合理、加工制作及现场拼装简便，投入施工成本较低。

[0077] 2、所采用的预应力加工构造作为管涵本体的体外预应力加固构造，具有以下优点：第一、加固：将管涵本体中的多个管涵拼接段进行整体加固，能有效提高所述管涵本体的整体性和受力性能，相应有效延长管廊的耐久性；第二、卸荷：能有效减轻甚至消除作用于管涵本体上的荷载，进一步确保管涵本体的结构稳定性和使用效果；第三、改变结构内力，有效提高管涵本体的受力性能和承载性能。同时，预应力加固构造位于管涵本体外侧，不会对波纹钢管涵的性能造成任何不良影响，尤其是不会影响所述波纹钢管涵的适应性，所述波纹钢管涵具有适应地基与基础变形的能力，避免因地基基础不均匀沉降导致的结构破坏问题。并且，所述预应力加固构造能有效发挥预应力加固法的优势，充分发挥预应力加



固法所具有的加固、卸荷和改变结构内力这三重效果,并且所述预应力加固构造能确保并促进波纹管涵优势和性能的充分发挥,确保波纹管涵的结构稳定性和整体性,从而充分发挥波纹管涵的优势。

[0078] 3、所采用的钢连接环结构简单、加工简便且投入成本较低、现场施工简便、使用效果好,钢连接环不仅能满足预应力加固构造中锚具的安装需求,并且钢连接环能对其所处位置处的管涵本体中进行径向加固,确保管涵本体的结构稳固性,通过钢连接环对管涵本体前端、管涵本体后端以及前后相邻两个管涵拼接段之间的连接处这些受力薄弱区域进行有效加固。连接于前后相邻两个管涵拼接段之间的中间连接环在对前后相邻两个管涵拼接段进行有效连接的同时,能对前后相邻两个所述管涵拼接段之间的连接处进行有效加固,能有效克服管涵本体中能对前后相邻两个所述管涵拼接段之间的连接处受力薄弱、易变形等问题。另外,钢连接环套箍在所述管涵本体上,在对所述管涵本体进行径向加固的同时,实际套装简便且套装后位置不会不动,不会发生纵向位移,使用效果稳定、可靠。

[0079] 4、所采用的外侧加固环结构简单、加工简便且投入成本较低、现场施工简便、使用效果好,实际使用过程中外侧加固环的位置固定不动,在对拼接式波纹管进行有效加固的同时,能与拼接式波纹管的外侧壁紧贴进行严密封堵,起到良好的抗渗漏效果。

[0080] 5、所采用的纵向传力板结构简单、加工简便且投入成本较低、现场施工简便、使用效果好,通过纵向传力板将施加于拼接式波纹管前端、拼接式波纹管后端以及相邻两个管涵拼接段之间的连接处上的斜向内作用力分散并传递至拼接式波纹管的其它区域,从而能有效减小作用于拼接式波纹管前端、拼接式波纹管后端以及相邻两个管涵拼接段之间连接处的作用力,对拼接式波纹管前后两端以及相邻两个管涵拼接段之间连接处的结构稳固性和使用效果进行进一步保证。

[0081] 6、拼接施工方法简单、设计合理且施工简便、使用效果好,能简便、快速完成波纹管涵的拼接施工方法,并能确保所施工成型波纹管涵的使用效果和使用性能。

[0082] 综上所述,本发明设计合理且施工简便、使用效果好,采用预应力加固构造对拼接式的波纹管涵进行分段式整体加固,并对预应力加固构造中各预应力筋组的结构和布设位置进行限定,管涵拼接段拼接过程中同步分段进行预应力加固,并且管涵本体中所有管涵拼接段通过预应力加固构造进行整体加固,能有效提高所施工成型管廊的整体性和受力性能,又能有效延长管廊的耐久性。

[0083] 下面通过附图和实施例,对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

## 附图说明

[0084] 图1为本发明所施工管涵的平面展开状态示意图。

[0085] 图2为本发明所施工管涵后端的横断面结构示意图。

[0086] 图3为本发明第二拼接段后端的横断面结构示意图。

[0087] 图4为本发明第三拼接段后端的横断面结构示意图。

[0088] 图5为本发明第四拼接段后端的横断面结构示意图。

[0089] 图6为本发明第五拼接段后端的横断面结构示意图。

[0090] 图7为本发明所施工管涵后端的纵断面结构示意图。

[0091] 图8为本发明前后相邻两个管涵拼接段之间连接处上锚具所处位置的纵断面结构

示意图。

[0092] 图9为本发明前后相邻两个管涵拼接段之间连接处上导向座所处位置的纵断面结构示意图。

[0093] 图10为本发明施工成型波纹钢管涵与填土层的布设位置示意图。

[0094] 图11为本发明前后相邻两个管涵拼接段之间连接处上环形止水带的布设位置示意图。

[0095] 图12为本发明的拼接施工方法流程框图。

[0096] 附图标记说明：

[0097] 1—管涵拼接段； 2—中间连接环； 3—后端连接环；

[0098] 4—组合式预应力筋； 5—平直预应力筋节段； 6—锚具；

[0099] 7—导向孔； 8—外加固环； 9—后端加固环；

[0100] 10—纵向加固板； 11—后端加固板； 12—导向座；

[0101] 13—环形止水带； 14—内加固环； 15—填土层；

[0102] 16—基座。

### 具体实施方式

[0103] 如图12所示的一种波纹钢管涵的施工方法，所施工管涵包括基座16和支撑于基座16上的波纹钢管涵，所述基座16为现浇钢筋混凝土基座；所述基座16和所述波纹钢管涵均沿所施工管涵的纵向延伸方向布设；所施工管涵外侧设置有填土层15，所述基座16和所述波纹钢管涵均位于填土层15内，详见图10；所述基座16底部与填土层15底部布设于同一水平面上；

[0104] 结合图1、图2、图3、图4、图5、图7、图8和图9，所述波纹钢管涵包括由多个管涵拼接段1拼接而成的管涵本体和布设于所述管涵本体外侧的预应力加固构造，所述管涵本体呈水平布设，多个管涵拼接段1沿所施工管涵的纵向延伸方向由后向前布设在同一直线上；每个所述管涵拼接段1均为一个呈水平布设且横截面为圆形的波纹钢管，多个所述管涵拼接段1的管径均相同，每个所述波纹钢管均为一个平直钢管，所述管涵本体中所有波纹钢管的横截面结构和尺寸均相同；多个所述管涵拼接段1中位于最后侧的一个所述管涵拼接段1为后端拼接段，多个所述管涵拼接段1中位于最前侧的一个所述管涵拼接段1为前端拼接段；前后相邻两个所述管涵拼接段1之间均通过一个中间连接环2进行连接，所述中间连接环2与所述管涵本体呈同轴布设，所述前端拼接段的前端同轴设置有前端连接环，所述后端拼接段的后端同轴设置有后端连接环3，所述中间连接环2、所述前端连接环和后端连接环3均为圆环形且三者均为呈竖直向布设的钢连接环；位于所述管涵本体后侧的三个所述管涵拼接段1由后向前分别为所述后端拼接段、第二拼接段和第三拼接段，所述后端拼接段为第一拼接段；每个所述管涵拼接段1上位于前侧的所述钢连接环为前侧连接环，每个所述管涵拼接段1上位于后侧的所述钢连接环为后侧连接环；其中，位于所述管涵本体后侧的五个所述管涵拼接段1由后向前分别为所述后端拼接段、所述第二拼接段、所述第三拼接段、第四拼接段和第五拼接段；多个所述管涵拼接段1均支撑于基座16上；

[0105] 所述预应力加固构造包括左右两个对称布设的预应力加固结构，两个所述预应力加固结构对称布设于基座16的左右两侧上方；每个所述预应力加固结构均包括n个由上至

下布设于所述管涵本体外侧的预应力筋组,  $n$  个所述预应力筋组的结构均相同且其均沿所施工管涵的纵向延伸方向布设; 每个所述预应力筋组均由三道从上至下布设的组合式预应力筋4组成, 所述预应力加固构造中的所有组合式预应力筋4沿圆周方向布设; 其中,  $n$  为正整数且  $n$  的取值范围为  $2 \sim 5$ ; 所述预应力加固构造中包括  $2n$  个所述预应力筋组,  $2n$  个所述预应力筋组沿圆周方向布设; 所述预应力加固构造中包括  $6n$  道所述组合式预应力筋4,  $6n$  道所述组合式预应力筋4沿圆周方向布设;

[0106] 每道所述组合式预应力筋4均包括多道沿所施工管涵纵向延伸方向从后向前布设的预应力筋节段, 每道所述预应力筋节段均为一道平直的预应力钢筋或预应力钢绞线, 每道所述组合式预应力筋4中的所有预应力筋节段均布设于同一直线上; 每道所述预应力筋节段均呈水平布设, 每道所述预应力筋节段的后端均为锚固端且其前端均为张拉端, 每道所述预应力筋节段的前后两端均安装有一个锚具6; 每道所述组合式预应力筋4中位于最后侧的一道所述预应力筋节段均为后端预应力筋节段;

[0107] 每道所述预应力筋节段的后端均通过一个所述锚具6固定在一个所述管涵拼接段1的所述后侧连接环上, 每个所述管涵拼接段1的所述后侧连接环上所固定的所述预应力筋节段均为该管涵拼接段1后端所固定的所述预应力筋节段;

[0108] 每道所述预应力筋节段的前端均通过一个所述锚具6布设在一个所述管涵拼接段1的所述前侧连接环上, 每个所述管涵拼接段1的所述前侧连接环上所布设的所述预应力筋节段均为该管涵拼接段1前端需张拉的所述预应力筋节段;

[0109] 所述管涵本体中除所述前端拼接段和所述后端拼接段之外的所有管涵拼接段1均为中间拼接段, 所述前端拼接段和所述后端拼接段的外侧均布设有  $2n$  道所述预应力筋节段, 所述前端拼接段和所述后端拼接段外侧所布设的  $2n$  道所述预应力筋节段沿圆周方向布设; 每个所述中间拼接段外侧均布设有  $4n$  道所述预应力筋节段,  $4n$  道所述预应力筋节段沿圆周方向布设;

[0110] 每道所述组合式预应力筋4中的所有预应力筋节段均为平直预应力筋节段5; 每道所述组合式预应力筋4中前后相邻两个所述预应力筋节段分别为后侧节段和位于所述后侧节段前侧的前侧节段, 所述后侧节段前端所安装锚具6与所述前侧节段后端所安装锚具6之间均为一个所述管涵拼接段1; 每道所述组合式预应力筋4中前后相邻两个所述预应力筋节段之间的净距为一个所述管涵拼接段1的纵向长度;

[0111] 三道所述组合式预应力筋4中一道所述组合式预应力筋4的所述后端预应力筋节段后端通过锚具6固定在所述后端拼接段的所述后侧连接环上, 另一道所述组合式预应力筋4的所述后端预应力筋节段后端通过锚具6固定在所述第二拼接段的所述后侧连接环上, 第三道所述组合式预应力筋4的所述后端预应力筋节段后端通过锚具6固定在所述第三拼接段的所述后侧连接环上;

[0112] 每道所述平直预应力筋节段5均位于一个两段式拼接管廊外侧, 每个所述两段式拼接管廊均由前后相邻两个所述管涵拼接段1拼接而成; 所述两段式拼接管廊上位于最前侧的一个所述钢连接环为前部安装环, 所述两段式拼接管廊上位于最后侧的一个所述钢连接环为后部安装环; 每道所述平直预应力筋节段5前端所安装的锚具6均布设于一个所述前部安装环上, 每道所述平直预应力筋节段5后端所安装的锚具6均布设于一个所述后部安装环上, 每道所述平直预应力筋节段5均连接于一个所述两段式拼接管廊的所述前部安装环

与所述后部安装环之间；

[0113] 所述管涵本体中布设于同一竖直面上的所有平直预应力筋节段5组成一个对所述两段式拼接管廊进行整体加固的两段张拉预应力加固组，布设于同一个所述钢连接环上的所有锚具6沿圆周方向布设且其均位于所述管涵本体的同一个横断面上。

[0114] 所述预应力加固构造为所述管涵本体外侧的体外预应力加固构造。根据本领域公知常识，预应力加固法是采用外加预应力钢拉杆、预应力筋或型钢撑杆等对结构构件或整体进行加固的方法，特点是通过预应力手段强迫后加部分受力，改变原结构内力分布并降低原结构应力水平，致使一般加固结构中所特有的应力应变滞后现象得以完全消除。预应力加固法具有加固、卸荷、改变结构内力的三重效果，适用于大跨结构加固，以及采用一般方法无法加固或加固效果很不理想的较高应力应变状态下的大型结构加固。本发明中所采用所述预应力加固构造作为所述管涵本体的体外预应力加固构造，具有以下优点：第一、加固：将所述管涵本体中的多个所述管涵拼接段1进行整体加固，能有效提高所述管涵本体的整体性和受力性能，相应有效延长管廊的耐久性；第二、卸荷：能有效减轻甚至消除作用于所述管涵本体上的荷载，进一步确保所述管涵本体的结构稳定性和使用效果；第三、改变结构内力，有效提高所述管涵本体的受力性能和承载性能。同时，所述预应力加固构造位于所述管涵本体外侧，不会对波纹钢管涵的性能造成任何不良影响，尤其是不会影响所述波纹钢管涵的适应性，所述波纹钢管涵具有适应地基与基础变形的能力，避免因地基基础不均匀沉降导致的结构破坏问题。并且，所述预应力加固构造能有效发挥预应力加固法的优势，充分发挥预应力加固法所具有的加固、卸荷和改变结构内力这三重效果，并且所述预应力加固构造能确保并促进所述波纹钢管涵优势和性能的充分发挥，确保所述波纹钢管涵的结构稳定性和整体性，从而充分发挥所述波纹钢管涵的优势。

[0115] 尤其是针对长距离的大管径管廊，通过所述预应力加固构造使长距离、大管径管廊的施工称为可能，能有效扩大所述波纹钢管涵的适用范围，有效增大所述波纹钢管涵的管径，并能有效增大所述波纹钢管涵的纵向长度。并且，通过所述预应力加固构造使长距离、大管径管廊的整体性、结构稳固性和使用性能均能得到有效保证。

[0116] 同时，本发明对所述预应力加固构造中各预应力筋组的结构和布设位置进行限定，每个所述预应力筋组中包括三道所述组合式预应力筋4，每道所述组合式预应力筋4包括多道布设于同一水平直线上的平直预应力筋节段5，同时对每个所述预应力筋组中各平直预应力筋节段5的布设位置进行具体限定，使拼接过程中能同步对管涵拼接段1分段进行预应力加固，同时前后相邻两个管涵拼接段1外侧的平直预应力筋节段5相互交错和相互配合使用，能实现对所述管涵本体中所有管涵拼接段1进行整体加固的目的，因而能有效提高所述波纹钢管涵的预应力加固效果，所述波纹钢管涵中每个管涵拼接段1具有分段预应力加固效果，并且整个管涵本体具有整体加固效果，能充分发挥所述预应力加固构造的加固效果，并且现场施工简便。

[0117] 所述波纹钢管的内径为d，其中d的取值范围为 $\phi 30\text{m} \sim \phi 80\text{m}$ ；所述波纹钢管的波高 $h = \frac{D-d}{2}$ ，其中D为所述波纹钢管的外径，h的取值范围为50mm~150mm；所述波纹钢管的波距为 $\lambda$ ， $\lambda$ 的取值范围为100mm~480mm。其中，波距是指所述波纹钢管中两个相邻波纹顶点之间径向距离，也称为波长。实际加工时，可根据具体需要，对所述波纹钢管的内径d、外径、

波高 $h$ 和波距 $\lambda$ 分别进行相应调整。其中,所述波纹钢管的内径 $d$ 越大,波高 $h$ 和波距 $\lambda$ 均越大。

[0118] 本实施例中,所述波纹钢管的展开片材为一块矩形波纹钢板,所述矩形波纹钢板的板厚为4mm~10mm;所述管涵拼接段1的纵向长度为3m~8m。实际加工时,可根据具体需要,对所述矩形波纹钢板的板厚和管涵拼接段1的纵向长度分别进行相应调整。其中,所述波纹钢管的内径 $d$ 越大,所述矩形波纹钢板的板厚越大,且管涵拼接段1的纵向长度越小。

[0119] 本实施例中,每个所述钢连接环均由多个弧形拼接段拼接而成,多个所述弧形拼接段沿圆周方向布设在同一竖直面上,相邻两个所述弧形拼接段之间以焊接方式进行固定连接。

[0120] 所述弧形拼接段为呈竖直向布设的弧形钢板条。本实施例中,所述弧形拼接段的横截面为矩形。实际加工时,可根据具体需要,对所述钢连接环中所述弧形拼接段的数量以及各弧形拼接段的长度和布设位置分别进行相应调整。因而,所述钢连接环加工简便且加工方式灵活,并且所述钢连接环与所述管涵本体连接简便。

[0121] 实际使用时,所述钢连接环不仅能满足所述预应力加固构造中锚具6的安装需求,并且所述钢连接环能对其所处位置处的所述管涵本体中进行径向加固,确保所述管涵本体的结构稳固性,通过所述钢连接环对所述管涵本体前端、所述管涵本体后端以及前后相邻两个所述管涵拼接段1之间的连接处这些受力薄弱区域进行有效加固。连接于前后相邻两个所述管涵拼接段1之间的中间连接环2在对前后相邻两个所述管涵拼接段1进行有效连接的同时,能对前后相邻两个所述管涵拼接段1之间的连接处进行有效加固,能有效克服所述管涵本体中能对前后相邻两个所述管涵拼接段1之间的连接处受力薄弱、易变形等问题。另外,所述钢连接环套箍在所述管涵本体上,在对所述管涵本体进行径向加固的同时,实际套装简便且套装后位置不会不动,不会发生纵向位移,使用效果稳定、可靠。

[0122] 对所施工管涵进行施工时,包括以下步骤:

[0123] 步骤一、基座施工:沿所施工管涵的纵向延伸方向由后向前对基座16进行施工;

[0124] 步骤二、波纹钢管涵拼接施工:沿所施工管涵的纵向延伸方向由后向前在步骤一中施工成型的基座16上,对所述波纹钢管涵的多个所述管涵拼接段1分别进行拼接施工,包括以下步骤:

[0125] 步骤A1、后端拼接段拼接施工:采用吊装设备将带有后端连接机构的所述后端拼接段移动到位,再对所述后端拼接段后端所固定的2n道所述预应力筋节段分别进行穿设;

[0126] 所述后端连接机构包括所述后端拼接段后端设置的后端连接环3和2n个布设在后端连接环3上的锚具6;

[0127] 对所述后端拼接段后端所固定的2n道所述预应力筋节段进行穿设时,2n道所述预应力筋节段的穿设方法均相同;对所述后端拼接段后端所固定的任一道所述预应力筋节段进行穿设时,将该预应力筋节段的后端固定于所述后端拼接段后端的一个所述锚具6上,并将该预应力筋节段沿所施工管涵的纵向延伸方向布设;

[0128] 步骤A2、下一个拼接段拼接施工:采用吊装设备将下一个所述管涵拼接段1移动到位,并使所吊装的当前所拼接节段后端与后侧已拼接节段的前端紧贴,同时在当前所拼接节段与所述后侧已拼接节段之间的连接处安装中间连接机构;再对当前所拼接节段后端所固定的2n道所述预应力筋节段分别进行穿设;待2n道所述预应力筋节段均穿设完成后,沿所施工管涵的纵向延伸方向由后向前对当前所拼接节段前端需张拉的2n道所述预应力筋

节段同步进行张拉；

[0129] 所述当前所拼接节段为本步骤中所拼接的管涵拼接段1,所述后侧已拼接节段为位于所述当前所拼接节段后侧且与所述当前所拼接节段相邻的管涵拼接段1;所述中间连接机构包括一个所述中间连接环2和 $4n$ 个布设在中间连接环2上的锚具6;

[0130] 对当前所拼接节段后端所固定的 $2n$ 道所述预应力筋节段分别进行穿设时, $2n$ 道所述预应力筋节段的穿设方法均相同;对当前所拼接节段后端所固定的任一道所述预应力筋节段进行穿设时,将该预应力筋节段的后端固定于当前所拼接节段后端的一个所述锚具6上,并将该预应力筋节段沿所施工管涵的纵向延伸方向布设;

[0131] 对当前所拼接节段前端需张拉的 $2n$ 道所述预应力筋节段同步进行张拉之前,先将 $2n$ 道所述预应力筋节段的前端分别安装在当前所拼接节段前端的一个所述锚具6上;

[0132] 步骤A3、多次重复步骤A2,直至完成所述管涵本体中位于所述前端连接段后侧的所有管涵拼接段1的拼接施工过程;

[0133] 步骤A4、前端连接段拼接施工:采用吊装设备将带有前端连接机构的所述前端拼接段移动到位,并使所述前端拼接段后端与相邻已拼接节段的前端紧贴,同时在所述前端拼接段与所述相邻已拼接节段之间的连接处安装所述中间连接机构;再沿所施工管涵的纵向延伸方向由后向前对所述前端拼接段前端需张拉的 $2n$ 道所述预应力筋节段同步进行张拉,完成所施工管涵的拼接施工过程;

[0134] 所述前端连接机构包括所述前端拼接段前端设置的所述前端连接环和 $2n$ 个布设在所述前端连接环上的锚具6;

[0135] 所述相邻已拼接节段为所述管涵本体中与所述前端连接环相邻的管涵拼接段1;

[0136] 对所述前端拼接段前端需张拉的 $2n$ 道所述预应力筋节段同步进行张拉之前,先将 $2n$ 道所述预应力筋节段的前端分别安装在所述前端拼接段前端的一个所述锚具6上;

[0137] 步骤三、回填土:在步骤二中所述波纹钢管涵外侧回填土,获得填土层15。

[0138] 本实施例中,在步骤二中所述波纹钢管涵外侧回填土时,由下至上进行分层回填并夯实。

[0139] 本实施例中,步骤一中进行基座施工之前,沿所施工管涵的纵向延伸方向由后向前对所施工管涵所处的通道进行开挖;步骤一中进行基座施工时,所述基座16位于开挖成型的所述通道内;步骤二中对所述波纹钢管涵进行拼接施工时,所述波纹钢管涵位于开挖成型的所述通道内。

[0140] 本实施例中,所述的 $n=2$ 。

[0141] 实际施工时,可根据具体需要,对 $n$ 的取值大小进行相应调整。并且,所述波纹钢管的内径 $d$ 越大, $n$ 的取值越大。

[0142] 本实施例中,每个所述钢连接环均由多个弧形拼接段拼接而成,多个所述弧形拼接段沿圆周方向布设在同一竖直面上,相邻两个所述弧形拼接段之间以焊接方式进行固定连接;

[0143] 步骤A1中进行后端拼接段拼接施工之前,先在所述后端拼接段后端焊接固定后端连接环3,再在后端连接环3上布设 $2n$ 个所述锚具6并形成所述后端连接机构,能有效节约现场拼接工序和现场拼接时间;

[0144] 步骤A4中进行前端连接段拼接施工之前,先在所述前端拼接段前端焊接固定所述

前端连接环,再在所述前端连接环上布设 $2n$ 个所述锚具6并形成所述前端连接机构,能有效节约现场拼接工序和现场拼接时间;

[0145] 步骤A2中在当前所拼接节段与所述后侧已拼接节段之间的连接处安装所述中间连接机构时,在当前所拼接节段与所述后侧已拼接节段之间的连接处对组成中间连接环2的多个所述弧形拼接段进行拼接,获得拼接成型的中间连接环2;

[0146] 对组成中间连接环2的多个所述弧形拼接段进行拼接之前,将 $4n$ 个所述锚具6 分别固定在该中间连接环2的所述弧形拼接段上;或者待中间连接环2拼装成型后,将 $4n$ 个所述锚具6分别固定在拼装成型的中间连接环2上。

[0147] 实际拼装施工时,所述钢连接环施工简便且结构稳定,使用效果好。本实施例中,为加工简便且连接方便、连接可靠,所述钢连接环的前后侧壁均为竖直向侧壁。

[0148] 如图1所示,每道所述预应力筋节段的后端所安装的锚具6为固定端锚具,每道所述预应力筋节段的前端所安装的锚具6为张拉端锚具;所述后端连接环3上设置有  $2n$ 个所述固定端锚具,所述前端连接环上设置有 $2n$ 个所述张拉端锚具;每个所述中间连接环2上均设置有 $2n$ 个所述固定端锚具和 $2n$ 个所述张拉端锚具。

[0149] 本实施例中,如图1、图2、图3、图4、图5及图6所示,每个所述预应力筋组中位于最上部的一道所述组合式预应力4的所述后端预应力筋节段后端通过锚具6固定在所述后端拼接段的所述后侧连接环上,每个所述预应力筋组中位于最下部的一道所述组合式预应力筋4的所述后端预应力筋节段后端通过锚具6固定在所述第三拼接段的所述后侧连接环上。

[0150] 结合图9,每个所述中间连接环2上均设置有 $2n$ 个对所述预应力筋节段进行导向的导向座12, $2n$ 个所述导向座12沿圆周方向布设且其均为钢支撑座,每个所述导向座12上均设置有对一道所述预应力筋节段进行导向的导向孔7,所述导向孔7为圆孔;每个所述导向座12均固定在中间连接环2的外侧壁上;

[0151] 步骤A2中对组成中间连接环2的多个所述弧形拼接段进行拼接之前,将 $2n$ 个所述导向座12分别固定在该中间连接环2的所述弧形拼接段上;或者待中间连接环2 拼装成型后,将 $2n$ 个所述导向座12分别固定在拼装成型的中间连接环2上;

[0152] 步骤A2中对当前所拼接节段前端需张拉的 $2n$ 道所述预应力筋节段同步进行张拉之前,先将当前所拼接节段前端需张拉的每道所述预应力筋节段均从当前所拼接节段后端的一个导向座12内穿过,再将当前所拼接节段前端需张拉的每道所述预应力筋节段前端分别安装在当前所拼接节段前端的一个所述锚具6上,并使各道所述预应力筋节段均沿所施工管廊的纵向延伸方向布设。

[0153] 实际使用过程中,通过导向座12对各道平直预应力筋节段5的中部进行导向,能简便、有效确保平直预应力筋节段5的延伸方向,并且能确保平直预应力筋节段5 的穿设效果,同时便于后期进行拆装。

[0154] 结合图8和图9,本实施例中,每个所述管涵拼接段1的前后两端均为所述波纹钢管的一个波谷,每个所述管涵拼接段1的前后两端呈对称布设;前后相邻两个所述管涵拼接段1包括后拼接段和位于所述后拼接段前侧且与所述后拼接段连接的前拼接段,所述后拼接段的前端与所述前拼接段的后端紧贴,所述管涵本体中所有管涵拼接段1连接成一个拼接式波纹钢管,前后相邻两个所述管涵拼接段1之间的连接处均为所述拼接式波纹钢管的一个波谷所处位置。

[0155] 由于每个所述管涵拼接段1的前后两端均为所述波纹钢管的一个波谷,这样使前后相邻两个所述管涵拼接段1之间的连接处为所述拼接式波纹钢管的一个波谷,这样能有效确保所述拼接式波纹钢管的波纹延续性,利于所述拼接式波纹钢管优势与性能的充分发挥。

[0156] 所述中间连接环2、所述前端连接环和后端连接环3的外径均相同且三者的外径均不大于所述波纹钢管的外径,所述锚具6的锚垫板焊接固定在所述钢连接环的外侧壁上,布设于同一个所述钢连接环上的所有锚具6的锚垫板均与该钢连接环布设于所述拼接式波纹钢管的同一个横断面上。本实施例中,所述前端连接环和后端连接环3 的外径均小于所述波纹钢管的外径。

[0157] 本实施例中,所述前端连接环和后端连接环3的厚度相同,所述后端连接环3的厚度为中间连接环2厚度的一半,所述后端连接环3的厚度为1cm~8cm;所述锚具6 中锚垫板的厚度与其所固定钢连接环的厚度相同。

[0158] 实际加工时,可根据具体需要,对所述前端连接环、后端连接环3和中间连接环 2 的厚度进行相应调整。并且,所述波纹钢管的内径 $d$ 越大,所述前端连接环、后端连接环3和中间连接环2的厚度越大。

[0159] 为进一步增大前后相邻两个所述管涵拼接段1之间连接处的稳固性,前后相邻两个所述管涵拼接段1之间的连接处外侧均套装有一个外加固环8,每个所述中间连接环2所处区域均为待加固区域,所述待加固区域为环形且其位于所述拼接式波纹钢管的两个波纹顶点之间;所述外加固环8为圆环形且其横截面为拱形,所述外加固环8 套箍在所述拼接式波纹钢管上,所述外加固环8的内侧壁与所述拼接式波纹钢管的外侧壁紧贴,所述外加固环8内侧壁的横截面形状和尺寸均与其所处位置处所述拼接式波纹钢管外侧壁的横截面形状和尺寸相同;所述外加固环8的纵向长度为 $d_1$ , $d_1$ 的取值范围为 $0.15\lambda\sim 0.3\lambda$ ,其中 $\lambda$ 为所述波纹钢管的波距;

[0160] 所述外加固环8为钢环,每个所述中间连接环2均套装在一个所述外加固环8上且二者固定连接,每个所述中间连接环2均与其所固定的外加固环8呈同轴布设且二者布设于所述拼接式波纹钢管的同一个横断面上。实际使用时,前后相邻两个所述管涵拼接段1之间的连接处,在通过中间连接环2进行加固的同时,通过外加固环8进行进一步加固。同时,所述外加固环8套箍在所述拼接式波纹钢管上,套装简便且位置固定、加固效果好,并且外加固环8与中间连接环2相配合进行组合加固,中间连接环2在加固的同时起到支撑作用,而外加固环8的内侧壁与所述拼接式波纹钢管的外侧壁紧贴,因而外加固环8的加固更为直接、可靠。同时,由于外加固环8的内侧壁与所述拼接式波纹钢管的外侧壁紧贴,因而外加固环8相当于一个对前后相邻两个所述管涵拼接段1之间连接处进行封堵的封堵环,能进一步增大前后相邻两个所述管涵拼接段1之间连接处的严密性,确保所述拼接式波纹钢管中纵向连接部位的结构稳固性、结构强度和严密性,有效增强所述拼接式波纹钢管中纵向连接部位的抗渗透性能。

[0161] 另外,所述外加固环8为一个环式封堵件,能对前后相邻两个所述管涵拼接段1 之间的连接处进行全面封堵,杜绝任何渗漏可能。与常规的前后相邻两个所述管涵拼接段1之间连接处设置止水条相比,传统的止水条仅位于相邻两个所述管涵拼接段1 之间,传统的止水条为环线式封堵,因而严密性无法得到保证,并且止水条与相邻两个所述管涵拼接段1



之间不可避免存在间隙,从而不可避免的存在渗漏间隙,并且随着使用时间增长,止水条不可避免会出现变形和移位,使渗漏问题更加严重;同时,一旦发生渗漏,需对管廊所有拼接段进行重新拼接,后期维修工作量大。而外加固环 8 为一个覆盖式的封堵结构,外加固环 8 对相邻两个所述管涵拼接段 1 之间的连接处进行整体封堵与覆盖,从而能简便实现严密封堵效果,并且外加固环 8 相当于一个环形的面式封堵结构,有效封堵区域更大,因而能显著提高抗渗漏效果;另外,由于外加固环 8 为整体性的结构件,结构稳固性高,不会因使用时间增长而发生变形和移位,因而能进一步保证坑渗漏效果。

[0162] 实际加工时,可根据具体需要,对外加固环 8 的纵向长度  $d_1$  进行相应调整,并且所述波纹钢管的内径  $d$  越大,外加固环 8 的纵向长度  $d_1$  越大。

[0163] 本实施例中,所述后端拼接段的后端设置有后端加固环 9,所述前端拼接段的前端设置有前端加固环,所述后端加固环 9 和所述前端加固环的结构和尺寸均相同且二者呈对称布设;所述后端加固环 9 套箍在所述拼接式波纹钢管的后端外侧,所述前端加固环套箍在所述拼接式波纹钢管的前端外侧;所述后端加固环 9 和所述前端加固环的内侧壁均与其所处位置处所述拼接式波纹钢管的外侧壁紧贴,所述后端加固环 9 和所述前端加固环的内侧壁横截面形状和尺寸均与其所处位置处所述拼接式波纹钢管外侧壁的横截面形状和尺寸相同,所述后端加固环 9 和所述前端加固环均焊接固定在所述拼接式波纹钢管上;所述后端加固环 9 和所述前端加固环均为钢环且二者均为圆环形,所述后端加固环 9 的纵向长度为外加固环 8 纵向长度的一半。

[0164] 所述后端连接环 3 套装在后端加固环 9 上且二者固定连接,所述后端连接环 3 和后端加固环 9 呈同轴布设且二者布设于所述拼接式波纹钢管的同一个横断面上,所述后端连接环 3 和后端加固环 9 的后端面均与所述后端拼接段的后端相平齐。因而,所述拼接式波纹钢管后端在后端连接环 3 进行加固的同时,通过后端加固环 9 进行进一步加固。同时,所述后端加固环 9 套箍在所述拼接式波纹钢管上,套装简便且位置固定、加固效果好,并且后端加固环 9 与后端连接环 3 相配合进行组合加固,后端连接环 3 在加固的同时起到支撑作用,而后端加固环 9 的内侧壁与所述拼接式波纹钢管的外侧壁紧贴,因而后端加固环 9 的加固更为直接、可靠。同时,由于后端加固环 9 的内侧壁与所述拼接式波纹钢管的外侧壁紧贴,因而后端加固环 9 能进一步增大所述拼接式波纹钢管后端的结构稳固性和结构强度。

[0165] 相应地,所述前端连接环套装在所述前端加固环上且二者固定连接,所述前端连接环和所述前端加固环呈同轴布设且二者布设于所述拼接式波纹钢管的同一个横断面上,所述前端连接环和所述前端加固环的前端面均与所述前端拼接段的前端相平齐。实际使用时,所述拼接式波纹钢管前端在所述前端连接环进行加固的同时,通过所述前端加固环进行进一步加固。同时,所述前端加固环套箍在所述拼接式波纹钢管上,套装简便且位置固定、加固效果好,并且所述前端加固环与所述前端连接环相配合进行组合加固,所述前端连接环在加固的同时起到支撑作用,而所述前端加固环的内侧壁与所述拼接式波纹钢管的外侧壁紧贴,因而所述前端加固环的加固更为直接、可靠。同时,由于所述前端加固环的内侧壁与所述拼接式波纹钢管的外侧壁紧贴,因而所述前端加固环能进一步增大所述拼接式波纹钢管前端的结构稳固性和结构强度。

[0166] 所述后端加固环 9、所述前端加固环和外加固环 8 均由多个弧形连接段拼接而成,多个所述弧形连接段沿圆周方向布设在同一竖直面上,相邻两个所述弧形连接段之间以焊

接方式进行固定连接。其中,所述后端加固环9、所述前端加固环和外加固环8 均为外侧加固环。

[0167] 本实施例中,所述弧形连接段为呈竖直向布设的弧形钢板条。实际加工时,可根据具体需要,对所述外侧加固环中所述弧形连接段的数量以及各弧形连接段的长度和布设位置分别进行相应调整。因而,所述外侧加固环加工简便且加工方式灵活,并且所述外侧加固环与所述管涵本体连接简便。

[0168] 步骤A1中在所述后端拼接段后端焊接固定后端连接环3之前,先在所述后端拼接段后端外侧焊接固定后端加固环9,再将后端连接环3焊接固定在后端加固环9上;

[0169] 步骤A4中在所述前端拼接段前端焊接固定所述前端连接环之前,再在所述前端拼接段前端焊接固定所述前端加固环,再将所述前端连接环焊接固定在所述前端加固环上;

[0170] 步骤A2中对组成中间连接环2的多个所述弧形拼接段进行拼接之前,先对组成外加固环8的多个所述弧形连接段进行拼接,获得拼接成型的外加固环8;再在外加固环8上,对组成中间连接环2的多个所述弧形拼接段进行拼接。

[0171] 实际使用时,由于每个所述中间连接环2均通过穿设于导向座12上的2n道所述平直预应力钢筋节段5进行径向限位,因而所述外侧加固环与所述拼接式波纹钢管之间可以不进行固定连接,只需将所述外侧加固环安装到位即可,再加上所述外侧加固环的内侧壁与所述拼接式波纹钢管的外侧壁紧贴,并且所述外侧加固环的内侧壁横截面形状和尺寸均与其所布设位置处所述拼接式波纹钢管外侧壁的横截面形状和尺寸相同,因而所述外侧加固环卡装于所述拼接式波纹钢管中的两个波纹之间,因而实际使用过程中所述外侧加固环的位置固定不动,在对所述拼接式波纹钢管进行有效加固的同时,能与所述拼接式波纹钢管的外侧壁紧贴进行严密封堵,起到良好的抗渗漏效果;同时,由于所述外侧加固环与所述拼接式波纹钢管之间无需进行固定连接,因而现场拼装简便,并且拼接施工效率高,施工工期短,能有效解决现有拼接式波纹钢管涵存在的接口位置连接复杂、接口位置易出现损伤与渗漏等问题。另外,对每个所述管涵拼接段1外侧的所有平直预应力筋节段5后端进行固定且对其前端进行张拉时,均通过锚具6、所述钢连接环和所述外侧加固环向所述拼接式波纹钢管施工斜向内的作用下,从而能进一步对中间连接环2进行径向限位,并进一步使所述外侧加固环的内侧壁与所述拼接式波纹钢管的外侧壁紧贴,进一步提高所述钢连接环与所述外侧加固环的加固效果,同时能确保外加固环8的封堵效果。

[0172] 本实施例中,为进一步确保所述拼接式波纹钢管的结构稳固性和整体性,每个所述钢连接环内侧均设置有一个内加固环14,所述内加固环14为圆环形且其套装于所述拼接式波纹钢管内,所述内加固环14的外侧壁与所述拼接式波纹钢管的内侧壁紧贴;所述内加固环14的纵向长度为d2,d2的取值范围为 $0.08\lambda \sim 0.2\lambda$ ;每个所述内加固环14均与位于其外侧的所述钢连接环呈同轴布设且二者均布设于所述拼接式波纹钢管的同一个横断面上;

[0173] 所述内加固环14为钢环,所述内加固环14与所述拼接式波纹钢管焊接固定为一体。

[0174] 实际加工时,可根据具体需要,对内加固环14的纵向长度d2进行相应调整,并且位于内加固环14外侧的所述外侧加固环的纵向长度越大,内加固环14的纵向长度 d2越大。

[0175] 本实施例中,为确保内加固环14的支撑稳固性,所述内加固环14为整体式加固环。

[0176] 本实施例中,步骤A1中后端拼接段拼接施工完成后,在所述后端拼接段后端内侧

支立内加固环14,并使内加固环14支撑于所述后端拼接段内;

[0177] 步骤A4中将带有前端连接机构的所述前端拼接段移动到位后,在所述前端拼接段的前端内侧支立内加固环14,并使内加固环14支撑于所述前端拼接段内,再沿所施工管涵的纵向延伸方向由后向前对所述前端拼接段前端需张拉的 $2n$ 道所述预应力筋节段同步进行张拉;

[0178] 步骤A2中进行下一个拼接段拼接施工时,先在所述后侧已拼接节段的前端内侧支立内加固环14,并使内加固环14支撑于所述后侧已拼接节段内;再采用吊装设备将当前所拼接节段移动到位,使所吊装的当前所拼接节段后端与后侧已拼接节段的前端紧贴,并使本步骤中所支立的内加固环14支撑于当前所拼接节段与所述后侧已拼接节段之间的连接处内侧;之后,在当前所拼接节段与所述后侧已拼接节段之间的连接处安装中间连接机构。

[0179] 如图11所示,为进一步确保与所述拼接式波纹钢管中前后相邻两个所述管涵拼接段1之间连接处的防渗漏效果,所述外加固环8底部与所述拼接式波纹钢管之间夹装有一个环形止水带13,所述环形止水带13为圆环形;

[0180] 步骤A2中对组成外加固环8的多个所述弧形连接段进行拼接之前,先在当前所拼接节段与所述后侧已拼接节段之间的连接处外侧布设环形止水带13。

[0181] 本实施例中,所述环形止水带13为橡胶止水带且其纵向宽度小于外加固环8的上部纵向宽度。所述环形止水带13的纵向宽度大于2cm。

[0182] 与常规的前后相邻两个所述管涵拼接段1之间连接处设置止水条相比,传统的止水条仅位于相邻两个所述管涵拼接段1之间,传统的止水条为环线式封堵,因而严密性无法得到保证,并且止水条与相邻两个所述管涵拼接段1之间不可避免存在间隙,从而不可避免的存在渗漏间隙,并且随着使用时间增长,止水条易发生变形和移位,使渗漏问题更为严重;同时,一旦发生渗漏,需对所有管廊进行重新拼接,后期维修工作量大。而外加固环8与所述拼接式波纹钢管之间所布设的环形止水带13,为一个覆盖式的封堵结构,外加固环8对相邻两个所述管涵拼接段1之间的连接处进行整体封堵与覆盖,从而能简便实现严密封堵效果,并且外加固环8相当于一个环形的面式封堵结构,有效封堵区域更大,因而能显著提高抗渗漏效果;另外,由于环形止水带13垫装于外加固环8与所述拼接式波纹钢管之间,结构稳固性高,环形止水带13不会因使用时间增长而发生变形和移位,因而能进一步保证坑渗漏效果。

[0183] 如图8所示,所述中间连接环2上固定锚具6的位置为纵向待加固位置,每个所述纵向待加固位置上均设置有一个纵向加固结构,每个所述纵向加固结构均与一个所述锚具6布设于同一平面上,每个所述纵向加固结构均位于一个所述待加固区域内且其均沿所施工管涵的纵向延伸方向布设;

[0184] 每个所述纵向加固结构均包括两个对称布设于中间连接环2前后两侧的纵向加固板10,所述纵向加固板10为平直钢板且其底部固定在外加固环8的外侧壁上;每个所述纵向加固结构中两个所述纵向加固板10均布设于同一平面上且二者均沿所施工管涵的纵向延伸方向布设;位于所述拼接式波纹钢管同一个横断面上的多个所述纵向加固结构沿圆周方向布设,每个所述纵向加固结构均与其所固定的外加固环8呈垂直布设;所述纵向加固板10的一个侧壁为竖直向侧壁且其固定在中间连接环2上,所述纵向加固板10的另一个侧壁支撑于所述拼接式波纹钢管的外侧壁上,所述纵向加固板10的另一个侧壁与其所支撑位置处

所述拼接式波纹钢管的外侧壁紧贴;所述纵向加固板10另一个侧壁的形状和尺寸均与其所支撑位置处所述拼接式波纹钢管外侧壁的横截面形状和尺寸相同;所述纵向加固板10的上部为水平面且其上部与所固定中间连接环2的外侧壁相平齐;

[0185] 所述后端连接环3上固定锚具6的位置为后端待加固位置,每个所述后端待加固位置上均设置有一个后端加固板11,所述后端加固板11的结构与纵向加固板10的结构相同,所述后端加固板11为平直钢板且其底部固定在所述后端加固环9的外侧壁上;所述后端加固板11沿所施工管涵的纵向延伸方向布设;所述拼接式波纹钢管上的多个所述后端加固板11沿圆周方向布设,每个所述后端加固板11均与其所固定的后端加固环9呈垂直布设;所述后端加固环9的后侧壁为竖直向侧壁且其固定在后端连接环3上,所述后端加固环9的前侧壁支撑于所述拼接式波纹钢管的外侧壁上,所述后端加固环9的前侧壁与其所支撑位置处所述拼接式波纹钢管的外侧壁紧贴;所述后端加固环9前侧壁的形状和尺寸均与其所支撑位置处所述拼接式波纹钢管外侧壁的横截面形状和尺寸相同;所述后端加固环9的上部为水平面且其上部与所固定后端连接环3的外侧壁相平齐;

[0186] 所述前端连接环上固定锚具6的位置为前端待加固位置,每个所述前端待加固位置上均设置有一个前端加固板,所述前端加固板和后端加固板11的结构和尺寸均相同,所述前端加固板为平直钢板且其底部固定在所述前端加固环的外侧壁上;所述前端加固板沿所施工管涵的纵向延伸方向布设;所述拼接式波纹钢管上的多个所述前端加固板沿圆周方向布设,每个所述前端加固板均与其所固定的前端加固环呈垂直布设;所述前端加固环的前侧壁为竖直向侧壁且其固定在所述前端连接环上,所述前端加固环的后侧壁支撑于所述拼接式波纹钢管的外侧壁上,所述前端加固环的后侧壁与其所支撑位置处所述拼接式波纹钢管的外侧壁紧贴;所述前端加固环后侧壁的形状和尺寸均与其所支撑位置处所述拼接式波纹钢管外侧壁的横截面形状和尺寸相同;所述前端加固环的上部为水平面且其上部与所固定前端连接环的外侧壁相平齐。

[0187] 本实施例中,如图9所示,所述中间连接环2上固定导向座12的位置均为所述纵向待加固位置,每个所述纵向待加固位置上均设置有一个纵向加固结构,这样能进一步增强传力效果和加固效果。

[0188] 所述后端加固板11、所述前端加固板和纵向加固板10均为纵向传力板。

[0189] 实际进行拼接施工过程中,对每个所述管涵拼接段1外侧的所有平直预应力筋节段5后端进行固定且对其前端进行张拉时,均通过锚具6、所述钢连接环和所述外侧加固环向所述拼接式波纹钢管施工斜向内的作用下,通过所述纵向传力板将施加于所述拼接式波纹钢管前端、所述拼接式波纹钢管后端以及相邻两个所述管涵拼接段1之间的连接处上的斜向内作用力分散并传递至所述拼接式波纹钢管的其它区域,从而能有效减小作用于所述拼接式波纹钢管前端、所述拼接式波纹钢管后端以及相邻两个所述管涵拼接段1之间连接处的作用力,对所述拼接式波纹钢管前后两端以及相邻两个所述管涵拼接段1之间连接处的结构稳固性和使用效果进行进一步保证。同时,由于所述纵向传力板与所述拼接式波纹钢管的外侧壁紧贴,因而能进一步增大所述外侧加固环和所述钢连接环的稳固性,进一步对所述外侧加固环和所述钢连接环进行有效限位,通过所述纵向传力板使所述外侧加固环和所述钢连接环形成一个整体并卡装在所述拼接式波纹钢管的两个波纹之间,通过所述纵向传力板能进一步对所述外侧加固环和所述钢连接环进行限位,使所述外侧加固环和所述

钢连接环的加固作用更充分发挥,同时使外加固环8的封堵效果更佳。另外,通过所述纵向传力板能进一步对所述外侧加固环和所述钢连接环进行限位,使所述外侧加固环与所述拼接式波纹钢管之间根本无需进行固定连接,因而现场拼装简便。

[0190] 实际加工时,所述纵向传力板与所述钢连接环固定连接为一体,因而现场加工简便。

[0191] 本实施例中,所述纵向加固板10的板厚为1cm~8cm,所述后端加固板11的板厚为1cm~8cm。

[0192] 实际加工时,可根据具体需要,对纵向加固板10和后端加固板11的板厚分别进行相应调整。

[0193] 为进一步增大结构稳固性,本实施例中,所述外加固环8与所述拼接式波纹钢管焊接固定为一体。

[0194] 所述纵向加固板10、后端加固板11和所述前端加固板均与所述拼接式波纹钢管焊接固定为一体。

[0195] 如图10所示,本实施例中,所述填土层15的上表面为水平面;所述填土层15上铺设供车辆行走的车道,所述车道的数量为多个;

[0196] 所述管涵本体中多个所述管涵拼接段1的纵向长度均相同;

[0197] 步骤A2中进行下一个拼接段拼接施工之前,先根据公式  $F_m = \frac{F_M}{4n}$  (I),对所述预应力筋节段的张拉力最小值  $F_m$  进行确定;

[0198] 公式(I)中,  $F_m$  为极限状态下每个所述管涵拼接段1的正压力且  $F_m = \gamma_0 (\gamma_D N_D + \gamma_L N_L) / A$  (II);公式(II)中,  $\gamma_0$  为管涵拼接段1的结构主要性系数且  $\gamma_0 = 1.1$ ,  $\gamma_D$  为恒载分项系数且  $\gamma_D = 1.2$ ,  $\gamma_L$  为活载分项系数且  $\gamma_L = 1.4$ ;  $A$  为管涵拼接段1的横截面积且其单位为  $m^2$ ;

[0199]  $N_D$  为土重力引起的波纹钢压力且  $N_D = 0.5 (1.0 - 0.1 C_s) A_f W$ ,  $N_D$  的单位为  $kN/m$ ,  $A_f$  为考虑结构起拱效应的土压力增大系数;  $W$  为管涵拼接段1上方填土每延米的重力且其单位为  $kN/m$ ,  $W = \gamma \cdot D_h \cdot (H + 0.1075 D_v)$ , 其中  $\gamma$  为管涵拼接段1上填土的重度且其单位为  $kN/m^3$ ,  $D_h$  为管涵拼接段1的有效跨度且其单位为  $m$ ,  $D_v$  为管涵拼接段1的有效矢高且其单位为  $m$ ,  $H$  为管涵拼接段1顶部上方的填土高度且其单位为  $m$ ;

[0200]  $C_s$  为考虑回填土性质与结构尺寸的土压力折减系数且  $C_s = \frac{1000 E_s D_v}{E \cdot A}$ ,  $E$  为管涵拼接段1所用波纹钢板的弹性模量且其单位为  $MPa$ ,  $E_s$  为管涵拼接段1上填土的土体弹性模量且其单位为  $MPa$ ;

[0201]  $N_L$  为车辆荷载引起的波纹钢压力且  $N_L = 0.5 D_h \sigma_L$ ,  $N_L$  的单位为  $kN/m$ ;

[0202]  $\sigma_L$  为车辆荷载扩展到管涵拼接段1拱顶的压力且其单位为  $kN/m$ ,  $\sigma_L = \frac{A_l (1 + \mu)}{w \cdot l_t} \cdot m_f$ ;

其中,  $\mu$  为车辆冲击扩大系数且  $\mu = 0.4 (1.0 - 0.5 H)$ ;  $A_l$  为管涵拼接段1跨度范围内布置车辆的总轴重标准值且其单位为  $kN$ ,  $w$  为管涵拼接段1上沿车道宽度方向扩散后的尺寸且其单位为  $m$ ,  $l_t$  为管涵拼接段1上沿车道长度方向扩散后的尺寸且其单位为  $m$ ,  $m_f$  为多车道折减系数;

[0203] 步骤A2中沿所施工管涵的纵向延伸方向由后向前对第二拼接段前端需张拉的  $2n$

道所述预应力筋节段同步进行张拉时,所述第二拼接段前端需张拉的 $2n$ 道所述预应力筋节段的张拉力均相同且每道所述预应力筋节段的张拉力均不小于 $2F_m$ ;

[0204] 步骤A4中沿所施工管涵的纵向延伸方向由后向前对所述前端拼接段前端需张拉的 $2n$ 道所述预应力筋节段同步进行张拉时,所述前端拼接段前端需张拉的 $2n$ 道所述预应力筋节段的张拉力均相同且每道所述预应力筋节段的张拉力均不小于 $2F_m$ ;

[0205] 所述管涵本体中除所述后端拼接段、所述前端拼接段和所述第二拼接段之外的所有管涵拼接段1均为中部拼接段;

[0206] 步骤A2中沿所施工管涵的纵向延伸方向由后向前对任一个所述中部拼接段前端需张拉的 $2n$ 道所述预应力筋节段同步进行张拉时,所述中部拼接段前端需张拉的 $2n$ 道所述预应力筋节段的张拉力均相同且每道所述预应力筋节段的张拉力均不小于 $F_m$ 。

[0207] 其中,本领域技术人员根据本领域公知常识,能对考虑结构起拱效应的土压力增大系数 $A_f$ 、管涵拼接段1跨度范围内布置车辆的总轴重标准值 $A_1$ 、管涵拼接段1上沿车道宽度方向扩散后的尺寸 $w$ 、管涵拼接段1上沿车道长度方向扩散后的尺寸 $l_t$ 和多车道折减系数 $m_f$ 等参数进行确定。对考虑结构起拱效应的土压力增大系数 $A_f$ 、管涵拼接段1跨度范围内布置车辆的总轴重标准值 $A_1$ 、管涵拼接段1上沿车道宽度方向扩散后的尺寸 $w$ 、管涵拼接段1上沿车道长度方向扩散后的尺寸 $l_t$ 和多车道折减系数 $m_f$ 等参数进行确定时,根据《波纹钢综合管廊工程技术规程》2017进行确定,也可以根据《公路桥涵设计通用规范》进行确定。

[0208] 本实施例中,所述的 $D_h = D_v = D$ 。

[0209] 实际使用过程中,通过对所述预应力筋节段的张拉力最小值 $F_m$ 进行确定,能对张拉力进行简便、快速且准确确定,从而进一步确保所述预应力加固构造的加固效果,并且可操作性强,能有效确保施工成型所述波纹钢管涵的整体性、受力性能和耐久性,确保施工成型所述波纹钢管涵的使用效果。并且,对所述预应力筋节段的张拉力最小值 $F_m$ 确定方法设计合理,并且结果准确,综合所述波纹钢管涵上方的填土层15和车道布设情况进行确定,最终所确定的张拉力最小值 $F_m$ 根据所施工管涵的实际情况进行确定,因而能确保所确定张拉力最小值 $F_m$ 的准确性。

[0210] 为提高防水、防腐效果,所述管涵拼接段1为镀锌钢拼接段,所述外侧加固环、所述钢连接环和内加固环均为镀锌钢环,所述纵向传力板为镀锌钢板。并且,所述平直预应力钢筋节段5外侧同轴套装有塑料套管,所述锚具为镀锌钢支撑的锚具。

[0211] 所述波纹钢管的波纹方向(也称为波纹纹路方向)为所述管涵本体的横向宽度方向,所述波纹钢管的波纹纹路方向是指所述波纹钢管上波纹的排列方向,也可以称为所述波纹钢管上一个波谷或一个波峰的延伸方向。

[0212] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例,并非对本发明作任何限制,凡是根据本发明技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、变更以及等效结构变化,均仍属于本发明技术方案的保护范围内。

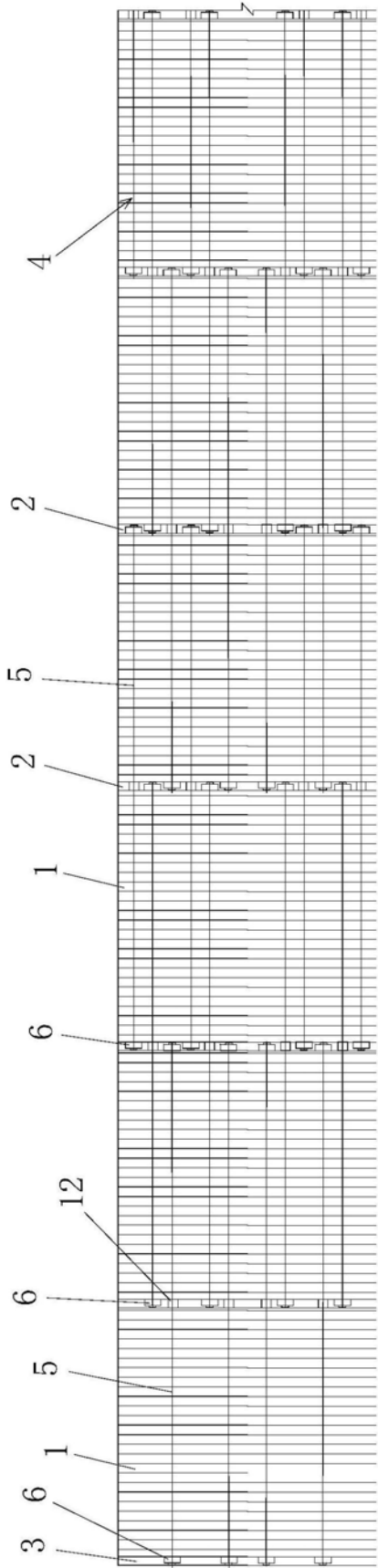


图1

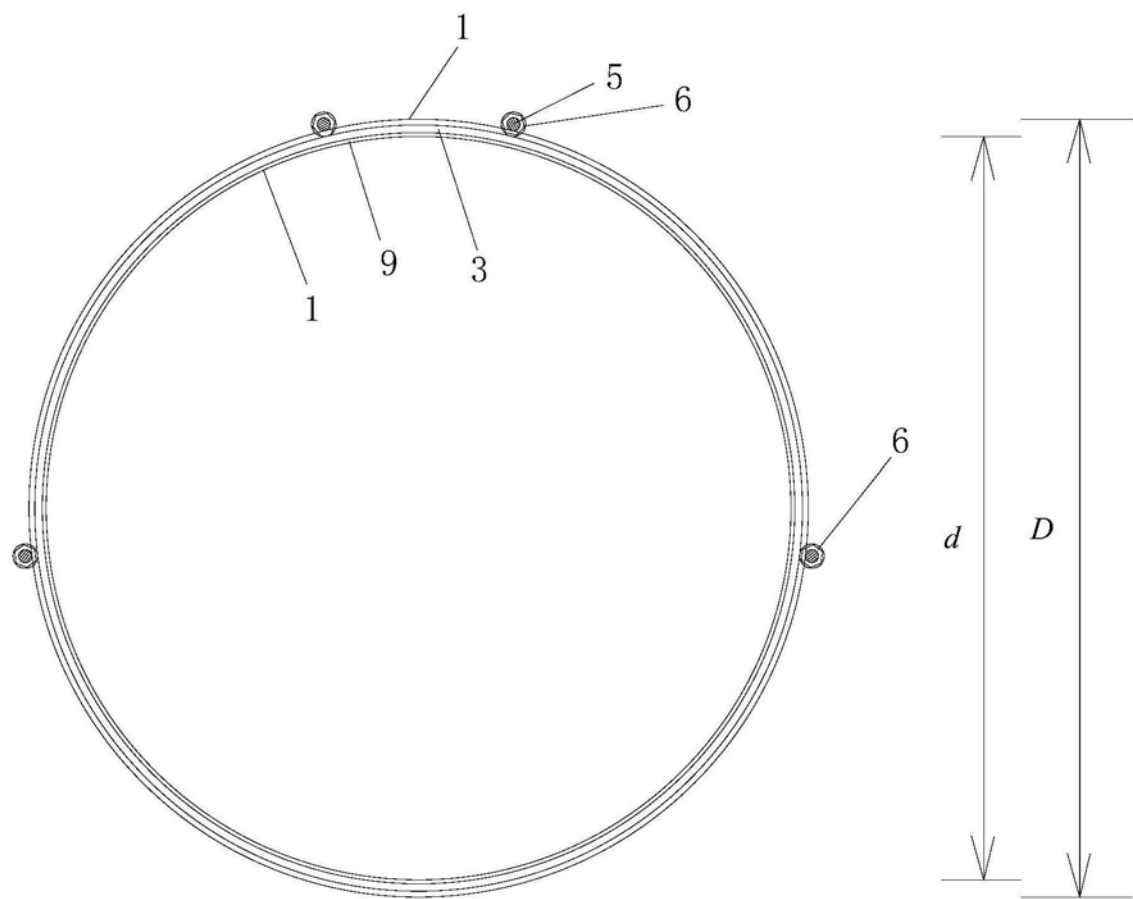


图2



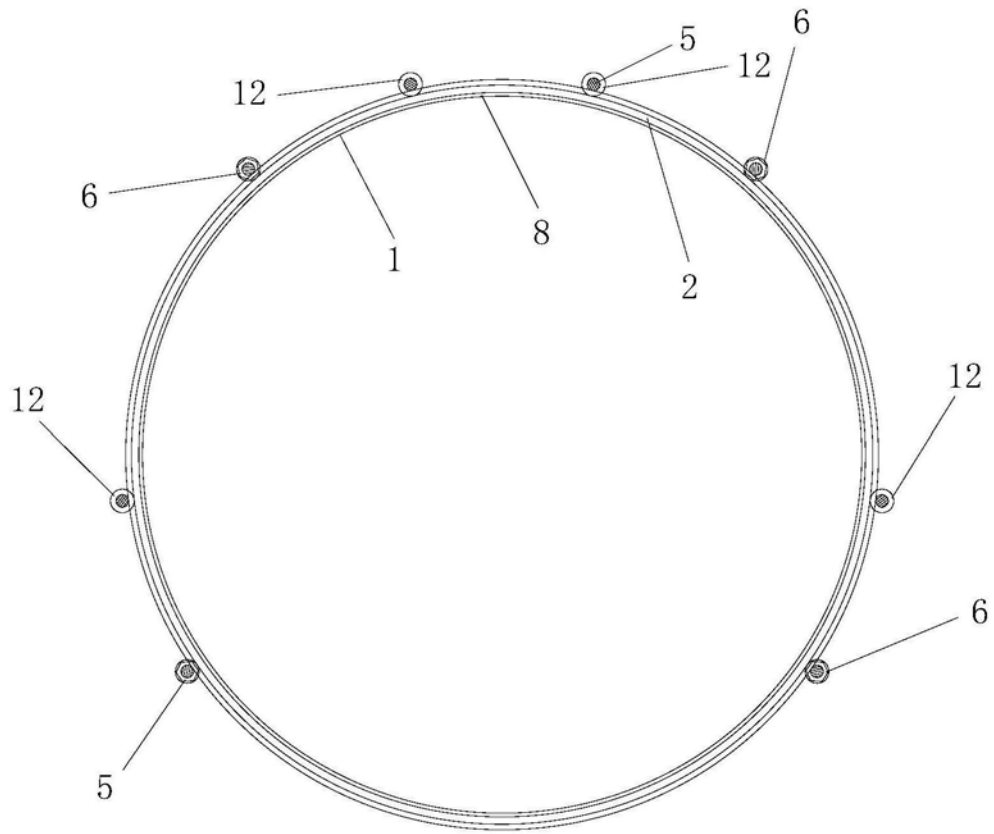


图3

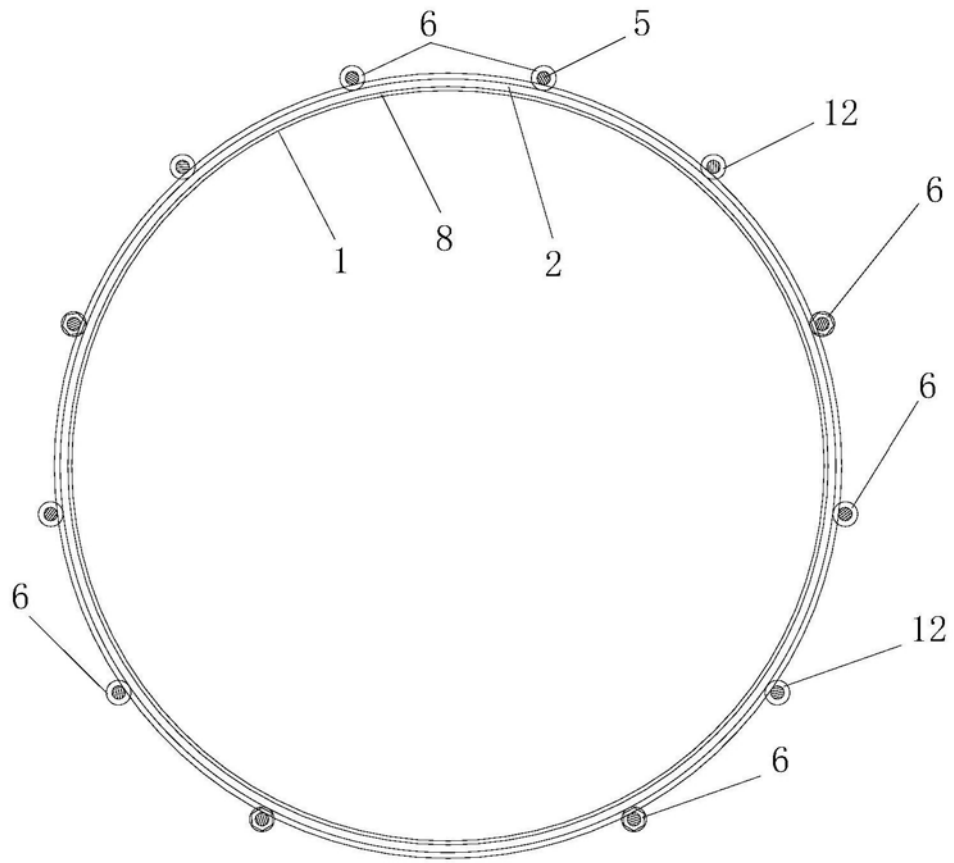


图4

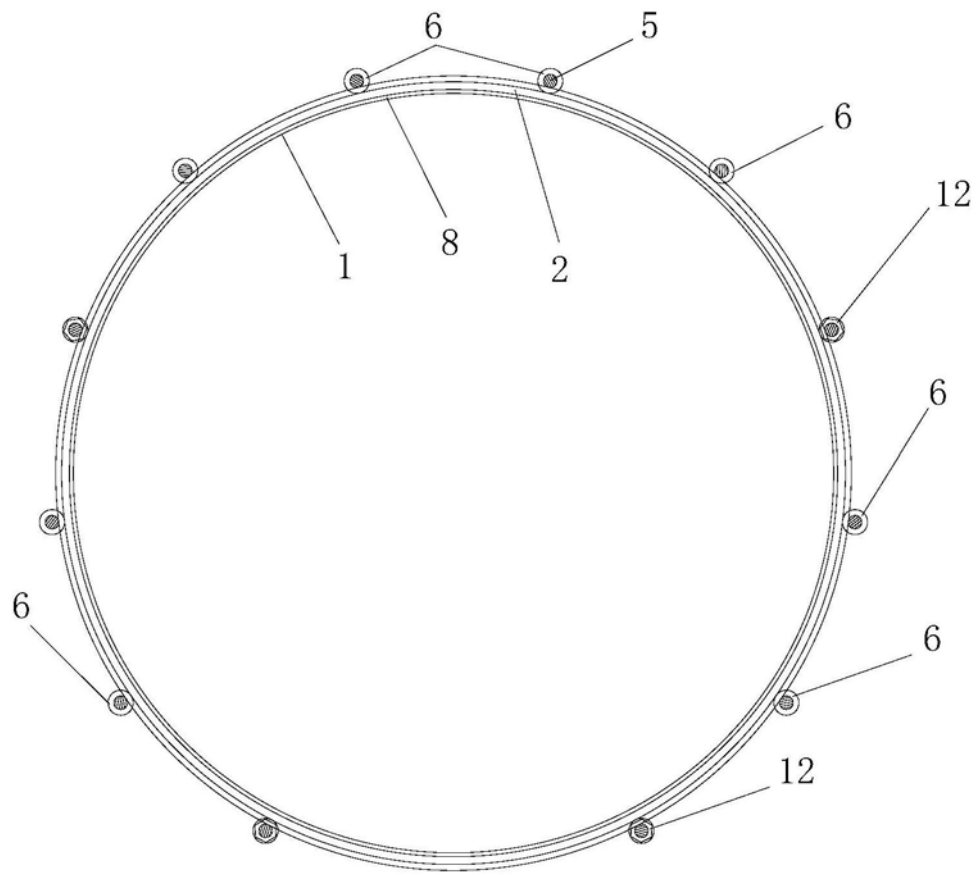


图5

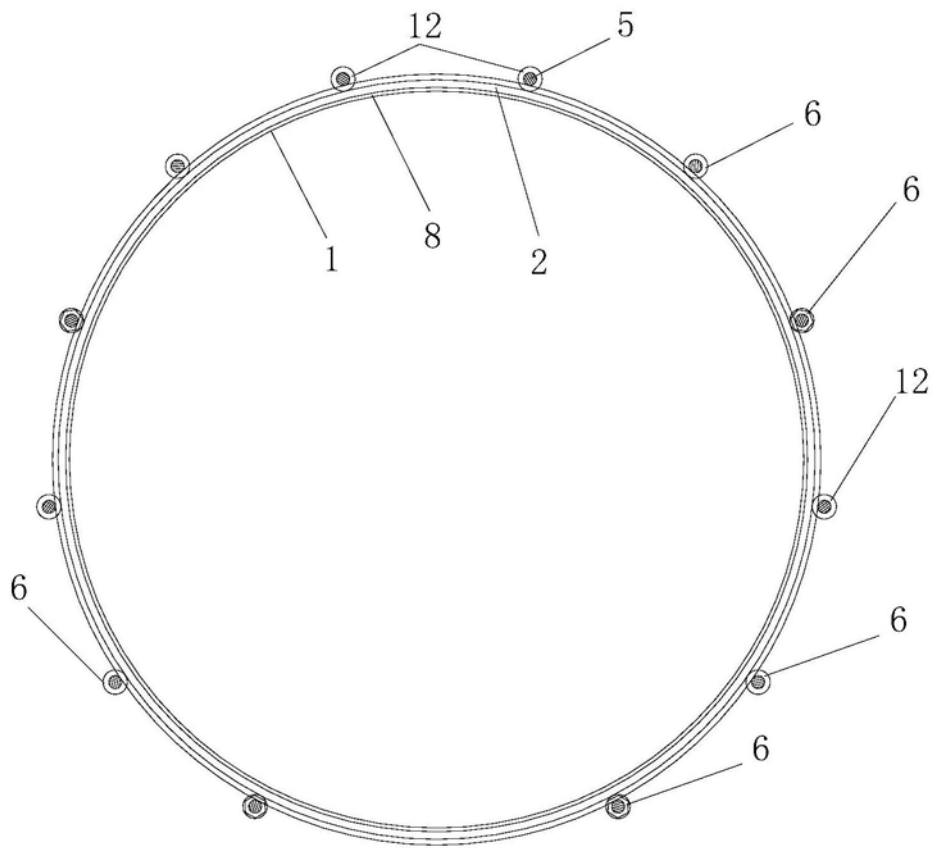


图6

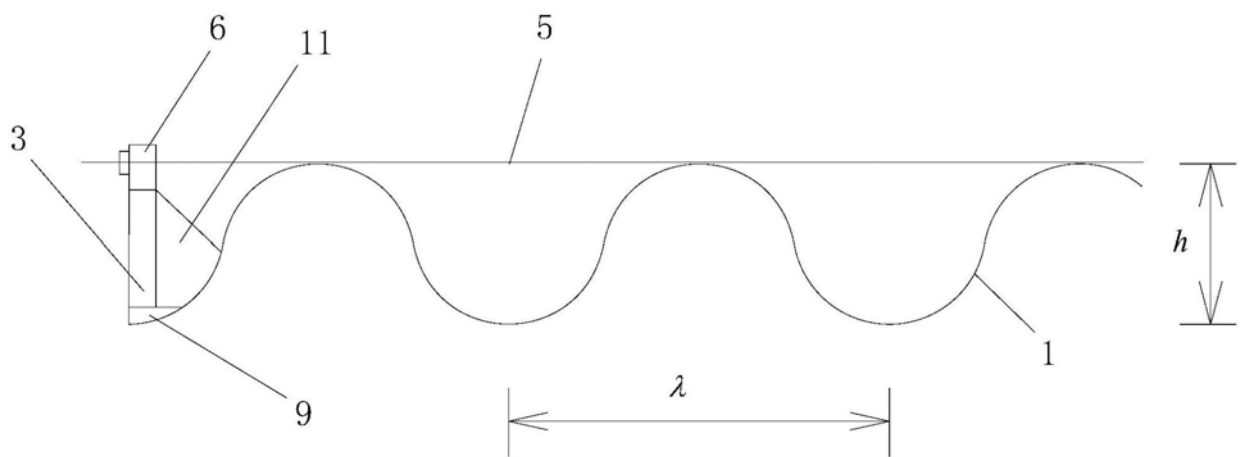


图7

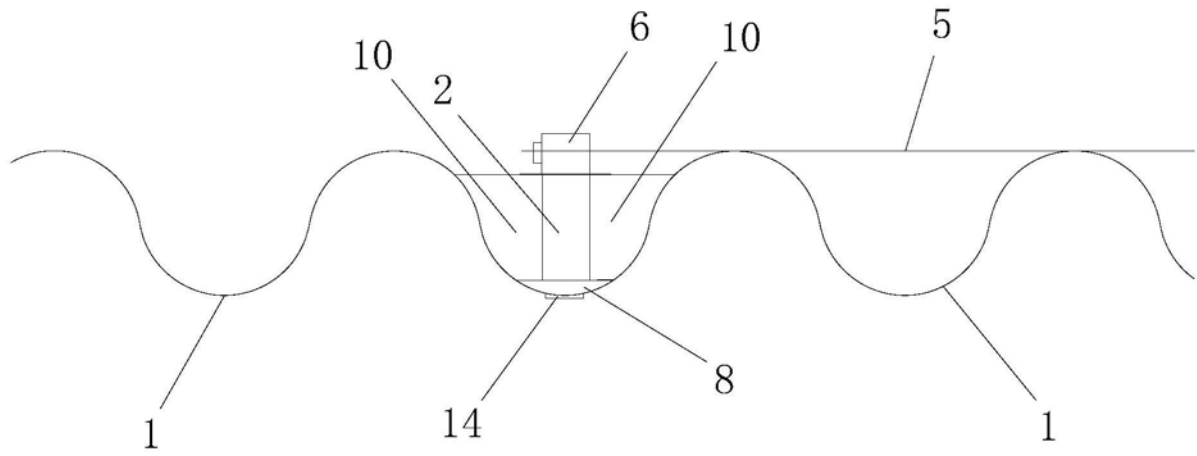


图8

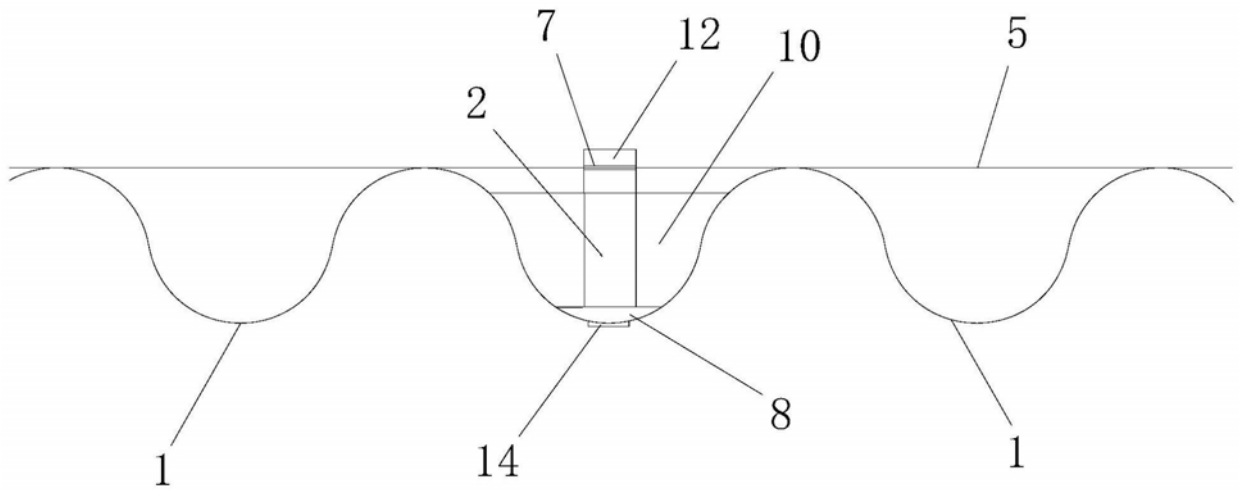


图9

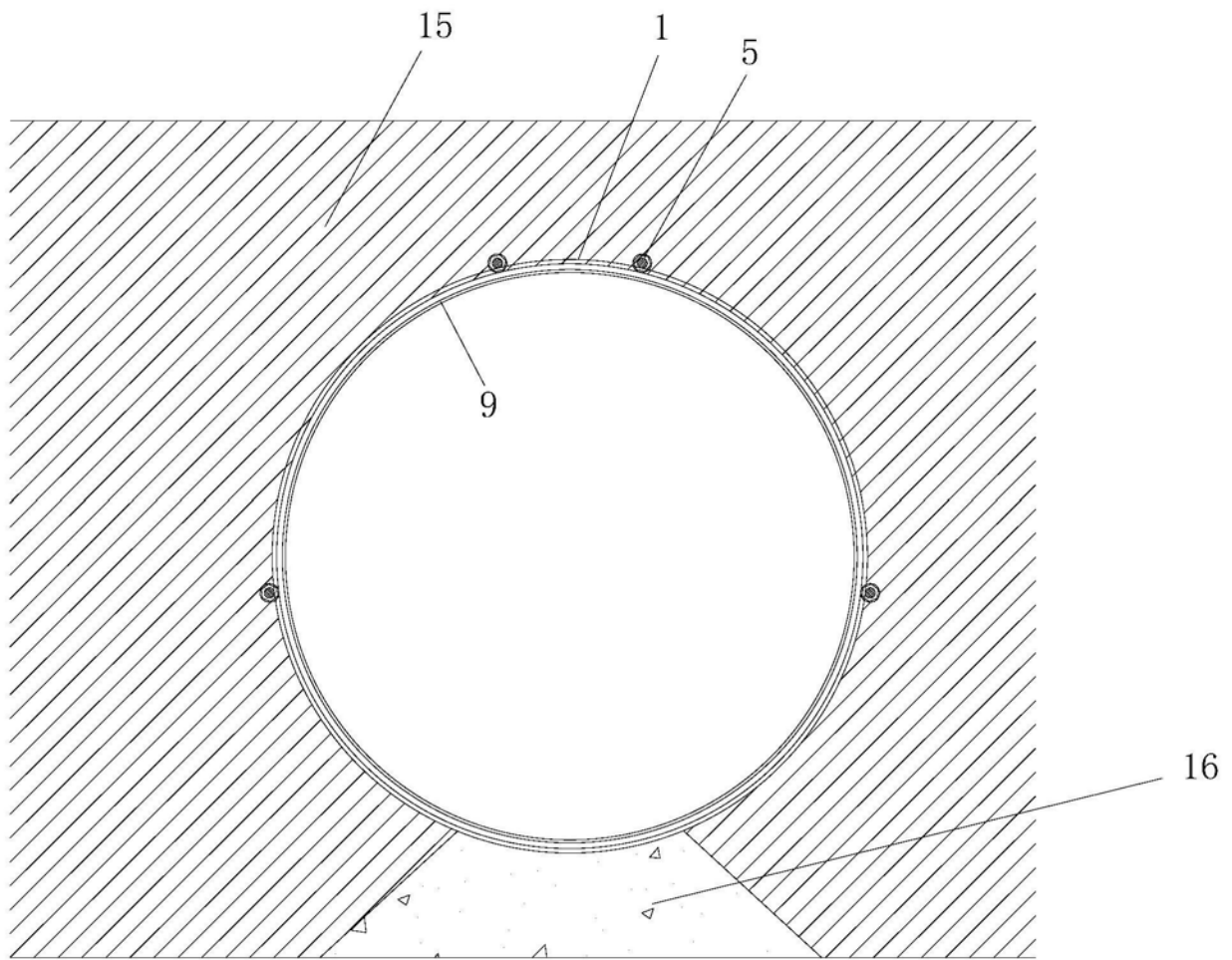


图10

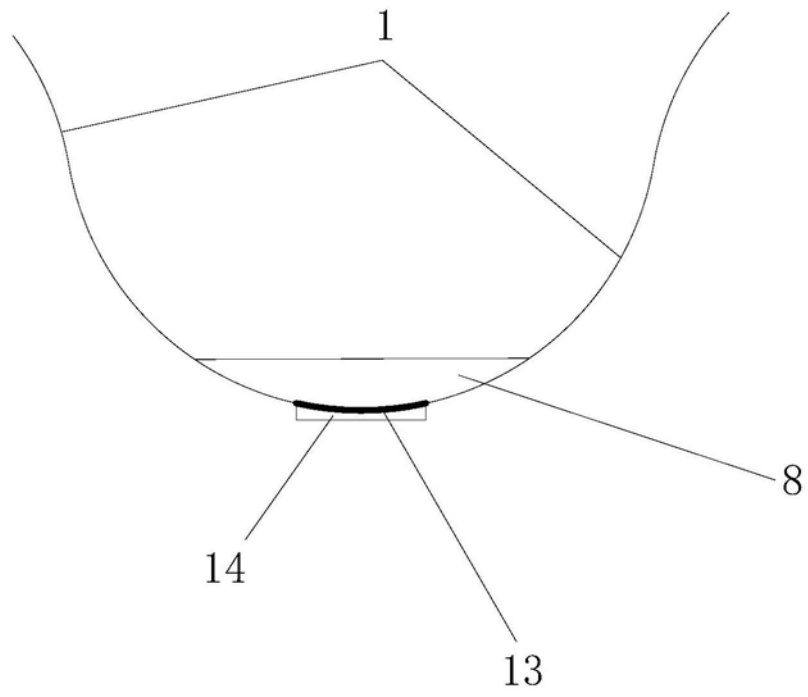


图11

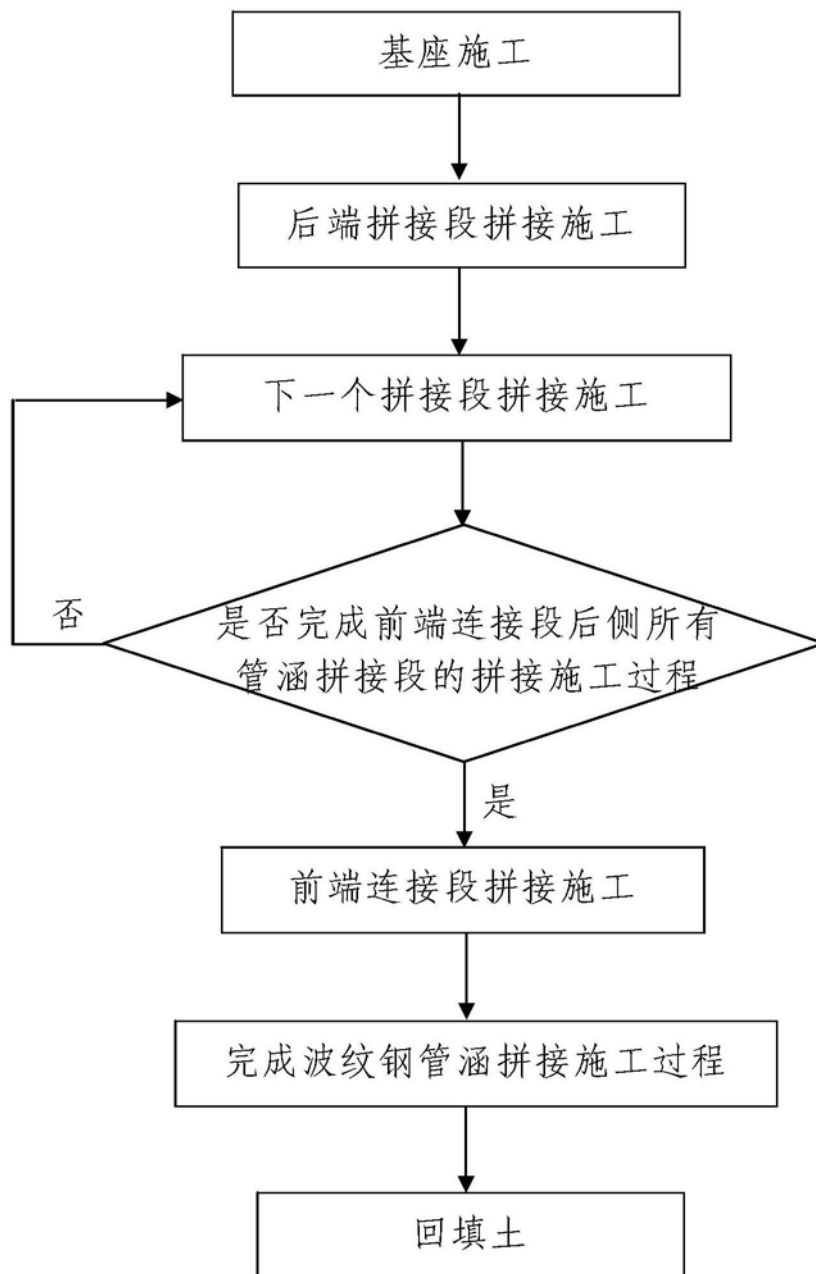


图12