



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103321430 B

(45) 授权公告日 2015. 08. 12

(21) 申请号 201310225486. 4

(22) 申请日 2013. 06. 07

(73) 专利权人 华北水利水电大学

地址 450000 河南省郑州市北环路 36 号

专利权人 河南华水工程质量检测有限公司

(72) 发明人 赵顺波 汪志昊 肖文 刘世明  
华光平

(74) 专利代理机构 郑州联科专利事务所(普通合伙) 41104

代理人 时立新 朱俊峰

(51) Int. Cl.

E04G 21/12(2006. 01)

E01D 21/00(2006. 01)

E01D 101/28(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 2742675 B2, 1998. 04. 22, 全文.

CN 101619619 A, 2010. 01. 06, 全文.

CN 102922602 A, 2013. 02. 13, 全文.

US 2006218870 A1, 2006. 10. 05, 全文.

CN 201649685 U, 2010. 11. 24, 全文.

审查员 崔培培

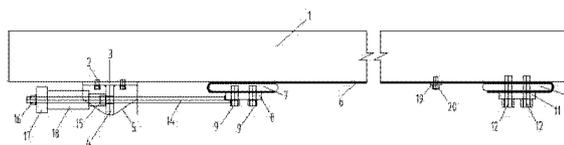
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

预应力碳纤维片材加固大跨混凝土结构的施工方法

(57) 摘要

预应力碳纤维片材加固大跨混凝土结构的施工方法,包括以下步骤:在大跨混凝土结构需要加固的一侧面上开设螺栓预埋孔,并将不同规格的高强螺栓用粘接胶植入螺栓预埋孔中;制作张拉片材固定部分、张拉片材活动部分和张拉动力固定部分;安装张拉片材固定部分、张拉片材活动部分、由碳纤维材料制成的张拉片材组合件、张拉动力固定部分和张拉动力部分;对张拉片材进行张拉作业;拆除张拉动力,将张拉片材粘结并压固到大跨混凝土结构表面。本发明可实现预应力张拉片材与待加固混凝土结构的零间隙粘贴,有助于协调张拉片材中碳纤维丝的同截面均匀受力,提高预应力碳纤维片材的整体受力性能及其与混凝土结构的协调变形能力,充分发挥了碳纤维片材的高强特性。



1. 预应力碳纤维片材加固大跨混凝土结构的施工方法,其特征在於:包括以下步骤,

(1)、在不伤及结构内受力钢筋的前提下,在大跨混凝土结构需要加固的一侧面上分别指定张拉片材固定部分、张拉片材活动部分和张拉动力固定部分的安装位置,在各个安装位置开设螺栓预埋孔;

其中张拉片材固定部分包括固定端第一粘接板、固定端第二粘接板和固定端高强螺栓;张拉片材活动部分包括活动端第一粘接板、活动端第二粘接板和活动端高强螺栓;张拉动力固定部分包括底板、垂直设在底板中部的腹板、动力端高强螺栓以及焊接在腹板和底板之间的肋板;

将动力端高强螺栓、固定端高强螺栓和紧固螺栓用粘接胶分别植入大跨混凝土结构上的螺栓预埋孔中;

(2)、制作张拉片材固定部分、张拉片材活动部分和张拉动力固定部分;

(3)、安装张拉片材固定部分、张拉片材活动部分、由碳纤维材料制成的张拉片材组合件、张拉动力固定部分和张拉动力部分;

其中张拉动力部分包括垂直穿过腹板的两根张拉螺杆,两根张拉螺杆的一端与张拉片材活动部分的张拉螺杆连接,两根张拉螺杆的另一端穿设有一块支撑板,支撑板与腹板之间设置有一个千斤顶,张拉螺杆上分别螺纹连接有可与腹板紧固连接的锚固螺母和可与支撑板紧固的调节螺母;

(4)、对张拉片材进行张拉作业;

(5)、拆除张拉动力,将张拉片材粘结并压固到大跨混凝土结构表面。

2. 根据权利要求 1 所述的预应力碳纤维片材加固大跨混凝土结构的施工方法,其特征在於:所述步骤(2)中张拉片材固定部分中的固定端第一粘接板的尺寸和型式,可根据固定端第二粘接板的尺寸和固定端高强螺栓的螺孔布置要求,决定是否与固定端第二粘接板一致或者按小于固定端第二粘接板的尺寸单独设置,单独设置时增加固定螺栓;所述步骤(2)中张拉片材活动部分中的活动端第一粘接板尺寸需小于活动端第二粘接板;所述步骤(2)中张拉动力部分的底板、腹板和肋板焊接形成截面呈 T 型的锚块。

3. 根据权利要求 1 所述的预应力碳纤维片材加固大跨混凝土结构的施工方法,其特征在於:所述步骤(3)中张拉片材固定部分、张拉片材活动部分以及由碳纤维材料制成的张拉片材组合件的具体过程为:将裁剪好的张拉片材的两端端部,分别涂抹碳纤维粘接胶后缠绕在活动端第一粘接板和固定端第一粘接板上;在与活动端第一粘接板和固定端第一粘接板粘结范围内的张拉片材上涂抹粘接胶,使用固定螺栓将固定端第二粘接板与固定端第一粘接板连接成整体,使用活动端高强螺栓将活动端第二粘接板与活动端第一粘接板连接成整体;当固定端第一粘接板与固定端第二粘接板尺寸相同且利用固定端高强螺栓作为紧固螺栓时,固定端第一粘接板在现场安装固定端时再进行粘结装配;最后将固定端第二粘接板长度范围内的张拉片材表面涂抹粘接胶,用固定端高强螺栓将固定端第一粘接板和固定端第二粘接板固定在混凝土结构表面上;同时将张拉螺杆的一端焊接在活动端第二粘接板上。

4. 根据权利要求 1 所述的预应力碳纤维片材加固大跨混凝土结构的施工方法,其特征在於:所述步骤(3)中张拉动力固定部分具体安装过程为:在底板底面涂抹粘钢胶,然后把底板上的安装孔穿到动力端高强螺栓上,将底板粘贴在大跨混凝土结构表面,然后用螺母

拧到动力端高强螺栓上将整个 T 型锚块固定。

5. 根据权利要求 1 所述的预应力碳纤维片材加固大跨混凝土结构的施工方法,其特征  
在于:所述张拉动力部分的具体安装过程为:将张拉螺杆穿过 T 型锚块的腹板的通孔、安装  
锚固螺母、支撑板、调节螺母和千斤顶,千斤顶的两端分别连接在支撑板和腹板上,同时  
在大跨混凝土结构与张拉片材表面涂刷碳纤维粘接胶。

6. 根据权利要求 1 所述的预应力碳纤维片材加固大跨混凝土结构的施工方法,其特征  
在于:所述步骤(4)中张拉片材的预应力张拉施工应在粘接胶凝固前完成,可根据张拉片  
材的张拉伸长值,操控千斤顶,通过张拉螺杆拉动张拉片材伸长,通过对锚固螺母一次或  
多次旋紧固定,进行张拉片材的一次或多次张拉。

7. 根据权利要求 1 所述的预应力碳纤维片材加固大跨混凝土结构的施工方法,其特征  
在于:所述步骤(5)中拆除张拉动力具体包括以下过程:张拉完成后,迅速拧紧锚固螺母、  
放松调节螺母、卸除支撑板和千斤顶。

8. 根据权利要求 1 所述的预应力碳纤维片材加固大跨混凝土结构的施工方法,其特征  
在于:所述步骤(5)中张拉片材的粘结与压固具体包括以下过程:张拉完成后,按照自中  
间向两侧对称的顺序,采用压板与紧固螺栓将张拉片材紧贴大跨混凝土结构表面,确保  
消除预应力反拱效应产生的张拉片材与大跨混凝土结构表面之间的间隙。

## 预应力碳纤维片材加固大跨混凝土结构的施工方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于土木工程技术领域,特别涉及一种预应力碳纤维片材加固大跨混凝土结构的施工方法。

### 背景技术

[0002] 碳纤维是一种高性能纤维增强材料,具有高强度、高模量、耐高温、耐磨、耐腐蚀等性能,而且兼有普通纤维的柔软和可加工性。近年来,随着生产水平的提高和生产规模的扩大,碳纤维在土木工程的结构加固增强领域已有着广泛的应用。

[0003] 自从我国开展大规模基础设施建设以来,结构的耐久性一直是严重制约土木工程结构可持续发展与结构使用寿命的突出问题,为数较多的混凝土结构因先天性不足与后期养护不当而急需加固。目前结构的加固方法多以被动加固技术为主,如增大截面加固法、加大配筋加固法、粘钢加固法与体外预应力加固法等。前面三种方法均改变了结构的尺寸,增加了结构的质量,从而影响了原结构的使用空间,且后增加材料还存在应变滞后的问题,加固效果往往并不理想。此外,加固周期长,费时费力,对结构的正常使用影响较大。体外预应力加固法在附加质量较小的前提下就可有效改善并调整原结构的受力状态,提高结构的刚度和抗裂性能,但对结构加固部位和使用空间的要求限制了它的推广应用。

[0004] 随着碳纤维材料使用的增多和人们对结构使用耐久性的提高,传统加固方法在易腐蚀部位的加固受到使用限制。碳纤维材料的优异抗腐蚀性能和轻质、高强的特点在结构加固中得到越来越广泛的应用。但仅仅普通粘贴碳纤维材料加固混凝土结构,仍旧存在碳纤维材料应变滞后的问题,碳纤维材料的高强性能无法得到充分的发挥,结构加固依旧存在着很大的材料浪费,加固的经济效益较差。为充分发挥碳纤维材料的高强性能,近年来预应力纤维片材加固方法日益得到重视。其主要特点在于对碳纤维材料施加预应力,把预应力加固技术带入碳纤维材料加固领域。利用施加了预应力的碳纤维材料加固混凝土结构,可以使得碳纤维材料主动参与结构受力,充分利用碳纤维材料高强的特点,有助于改善结构的受力性能与提高结构的耐久性。

[0005] 然而,目前预应力碳纤维片材加固技术的实际工程应用仍然较少,主要原因在于:现有的预应力碳纤维片材张拉锚固技术不够成熟,缺乏定型、可靠的张拉设备,而且张拉施工工艺复杂,一般加固施工单位难以掌握要点。目前预应力碳纤维片材加固技术的相关研究仍停留在实验室阶段,尚难以达到实际工程应用的地步。

### 发明内容

[0006] 本发明为了解决现有技术中的不足之处,提供一种结构简单、便于施工、安全可靠的预应力碳纤维片材加固大跨混凝土结构的施工方法。

[0007] 为解决上述技术问题,本发明采用如下技术方案:预应力碳纤维片材加固大跨混凝土结构的施工方法,包括以下步骤,

[0008] (1)、在不伤及结构内受力钢筋的前提下,在大跨混凝土结构需要加固的一侧面上

分别指定张拉片材固定部分、张拉片材活动部分和张拉动力固定部分的安装位置,在各个安装位置开设螺栓预埋孔;

[0009] 其中张拉片材固定部分包括固定端第一粘接板、固定端第二粘接板和固定端高强螺栓;张拉片材活动部分包括活动端第一粘接板、活动端第二粘接板和活动端高强螺栓;张拉动力固定部分包括底板、垂直设在底板中部的腹板、动力端高强螺栓以及焊接在腹板和底板之间的肋板;

[0010] 将动力端高强螺栓、固定端高强螺栓和紧固螺栓用粘接胶分别植入大跨混凝土结构上的螺栓预埋孔中;

[0011] (2)、制作张拉片材固定部分、张拉片材活动部分和张拉动力固定部分;

[0012] (3)、安装张拉片材固定部分、张拉片材活动部分、由碳纤维材料制成的张拉片材组合件、张拉动力固定部分和张拉动力部分;

[0013] 其中张拉动力部分包括垂直穿过腹板的两根张拉螺杆,两根张拉螺杆的一端与张拉片材活动部分的张拉螺杆连接,两根张拉螺杆的另一端穿设有一块支撑板,支撑板与腹板之间设置有一个千斤顶,张拉螺杆上分别螺纹连接有可与腹板紧固连接的锚固螺母和可与支撑板紧固的调节螺母;

[0014] (4)、对张拉片材进行张拉作业;

[0015] (5)、拆除张拉动力,将张拉片材粘结并压固到大跨混凝土结构表面。

[0016] 所述步骤(2)中张拉片材固定部分中的固定端第一粘接板的尺寸和型式,可根据固定端第二粘接板的尺寸和固定端高强螺栓的螺孔布置要求,决定是否与固定端第二粘接板一致或者按小于固定端第二粘接板的尺寸单独设置,单独设置时增加固定螺栓;所述步骤(2)中张拉片材活动部分中的活动端第一粘接板尺寸需小于活动端第二粘接板;所述步骤(2)中张拉动力部分的底板、腹板和肋板焊接形成截面呈 T 型的锚块。

[0017] 所述步骤(3)中张拉片材固定部分、张拉片材活动部分以及由碳纤维材料制成的张拉片材组合件的具体过程为:将裁剪好的张拉片材的两端端部,分别涂抹碳纤维粘接胶后缠绕在活动端第一粘接板和固定端第一粘接板上;在与活动端第一粘接板和固定端第一粘接板粘结范围内的张拉片材上涂抹粘接胶,使用固定螺栓、活动端高强螺栓分别将活动端第二粘接板与活动端第一粘接板、固定端第二粘接板与固定端第一粘接板连接成整体;当固定端第一粘接板与固定端第二粘接板尺寸相同且利用固定端高强螺栓作为紧固螺栓时,固定端第一粘接板在现场安装固定端时再进行粘结装配;最后将固定端第二粘接板长度范围内的张拉片材表面涂抹粘接胶,用固定端高强螺栓将固定端第一粘接板和固定端第二粘接板固定在混凝土结构表面上;同时将张拉螺杆的一端焊接在活动端第二粘接板上。

[0018] 所述步骤(3)中张拉动力固定部分具体安装过程为:在底板底面涂抹粘钢胶,然后把底板上的安装孔穿到动力端高强螺栓上,将底板粘贴在大跨混凝土结构表面,然后用螺母拧到动力端高强螺栓上将整个 T 型锚块固定。

[0019] 所述张拉动力部分的具体安装过程为:将张拉螺杆穿过 T 型锚块的腹板的通孔、安装锚固螺母、支撑板、调节螺母和千斤顶,千斤顶的两端分别连接在支撑板和腹板上,同时在大跨混凝土结构与张拉片材表面涂刷碳纤维粘接胶。

[0020] 所述步骤(4)中张拉片材的预应力张拉施工应在粘接胶凝固前完成,可根据张拉片材的张拉伸长值,操控千斤顶,通过张拉螺杆拉动张拉片材伸长,通过对锚固螺母一次或

多次旋紧固定,进行张拉片材的一次或多次张拉。

[0021] 所述步骤(5)中拆除张拉动力具体包括以下过程:张拉完成后,迅速拧紧锚固螺母、放松调节螺母、卸除支撑板和千斤顶。

[0022] 所述步骤(5)中张拉片材的粘结与压固具体包括以下过程:张拉完成后,按照自中间向两侧对称的顺序,采用压板与紧固螺栓将张拉片材紧贴大跨混凝土结构表面,确保消除预应力反拱效应产生的张拉片材与大跨混凝土结构表面之间的间隙。

[0023] 采用上述技术方案,本发明对碳纤维材料制成的张拉片材采用一端固定一端张拉、并与待加固混凝土结构粘结为一体的整体布局,张拉片材固定部分和张拉动力固定部分采用粘接胶和高强螺杆锚固于待加固的大跨混凝土结构上,最好加固到大跨混凝土结构的下表面。张拉片材两端采用粘接胶缠绕粘贴在第一粘接板上并与第二粘接板粘结,然后采用高强螺栓将第一粘接板与第二粘接板连接成整体;通过在腹板上穿设张拉螺杆、千斤顶和支撑板,千斤顶伸长通过张拉螺杆拉动张拉片材,张拉结束后,通过在混凝土结构上间隔布置的紧固螺栓和压板实现张拉片材与混凝土结构的零间隙粘贴。同时,可根据张拉片材的张拉伸长值,通过腹板处的锚固螺母一次或多次旋紧固定,实现碳纤维材料的张拉片材的一次或多次张拉,提高了千斤顶对不同工程张拉施工的适用能力。调节螺母用于调节张拉片材的伸长量。

[0024] 本发明可以广泛适用于房屋建筑或桥梁工程结构的加固,它同现有技术相比具有以下优点:

[0025] 1) 实现了张拉片材与待加固大跨混凝土结构的零间隙粘贴,提高了预应力碳纤维片材的整体受力性能及其与大跨混凝土结构的协调变形能力,充分发挥了碳纤维片材的高强特性;

[0026] 2) 本发明采用的张拉与锚固方式有助于减少预应力张拉过程中张拉片材的折断,使张拉片材在张拉时受力充分、均匀;

[0027] 3) 本发明采用的千斤顶采用扁形结构,占用的结构空间较小,便于施工;

[0028] 4) 本发明的张拉工艺简单,安装及张拉耗时更短。

[0029] 本发明采用有粘结握裹方式将碳纤维片材分别缠绕粘贴、固定在固定端第一粘接板上和活动端第一粘接板上,通过安装在支撑板与腹板之间的扁形千斤顶推动固定在张拉螺杆来施加张拉片材所需的预应力。预应力张拉完成后,采用粘接胶将张拉片材粘贴在混凝土结构表面,并通过间隔布置的压板消除预应力反拱效应导致的片材与混凝土结构的间隙以防止张拉片材自混凝土结构表面剥离。

[0030] 采用本发明,可实现预应力张拉片材与待加固混凝土结构的零间隙粘贴,有助于协调张拉片材中碳纤维丝的同截面均匀受力,提高预应力碳纤维片材的整体受力性能及其与混凝土结构的协调变形能力,充分发挥了碳纤维片材的高强特性。

[0031] 本发明针对现有碳纤维材料张拉用锚具易拉断碳纤维丝,碳纤维片材厚度较薄而不易夹持的特点,提供一种基于粘结强度固定纤维片材的预应力碳纤维片材加固技术,重点解决碳纤维片材与待加固结构的零间隙粘贴,同时确保施工过程中占用最少的结构空间。

## 附图说明

[0032] 图 1 是本发明中所使用的张拉锚固装置的结构示意图；

[0033] 图 2 是图 1 的仰视图。

### 具体实施方式

[0034] 如图 1 和图 2 所示,本发明的预应力碳纤维片材加固大跨混凝土结构的张拉锚固装置,包括张拉片材固定部分、张拉片材活动部分、张拉动力固定部分、张拉动力部分以及由碳纤维材料制成的张拉片材 6,张拉片材 6 的两端分别与张拉片材固定部分和张拉片材活动部分连接,张拉片材固定部分和张拉片材活动部分分别设在大跨混凝土结构 1 的同一侧面两端,张拉片材 6 的一面与大跨混凝土结构 1 的该侧面接触,张拉动力部分设在张拉动力固定部分上,张拉动力部分与张拉片材活动部分连接。

[0035] 张拉片材固定部分包括固定端第一粘接板 10、固定端第二粘接板 11 和固定端高强螺栓 12,张拉片材的固定端缠绕并粘接到固定端第一粘接板 10 表面,固定端高强螺栓 12 将固定端第一粘接板 10 和固定端第二粘接板 11 固定到大跨混凝土结构 1 的侧面上。

[0036] 张拉片材活动部分包括活动端第一粘接板 7、活动端第二粘接板 8 和活动端高强螺栓 9,张拉片材的活动端缠绕并粘接到活动端第一粘接板 7 表面,活动端高强螺栓 9 将活动端第一粘接板 7 和活动端第二粘接板 8 固定连接为一体。

[0037] 张拉动力固定部分包括底板 3、腹板 4 和动力端高强螺栓 2,动力端高强螺栓 2 将底板 3 固定到大跨混凝土结构 1 的侧面上,腹板 4 垂直焊接在底板 3 中部,腹板 4 和底板 3 焊接有肋板 5,腹板 4 上设有两个通孔。

[0038] 张拉动力部分包括穿设到两个通孔中的两根张拉螺杆 14,两根张拉螺杆 14 的一端与张拉片材活动部分连接,两根张拉螺杆 14 的另一端穿设有一块支撑板 17,支撑板 17 与腹板 4 之间设置有一个千斤顶 18,张拉螺杆 14 上分别螺纹连接有可与腹板 4 紧固连接的锚固螺母 15 和可与支撑板 17 紧固的调节螺母 16。

[0039] 张拉片材通过紧固螺栓 20 和压板 19 固定到大跨混凝土结构 1 的侧面上。

[0040] 本发明的主要施工步骤如下：

[0041] (1)、在不伤及结构内受力钢筋的前提下(使用无损钢筋检测仪检测),在大跨混凝土结构 1 需要加固的一侧面上分别指定张拉片材固定部分、张拉片材活动部分和张拉动力固定部分的安装位置,在各个安装位置开设螺栓预埋孔;将动力端高强螺栓 2、固定端高强螺栓 12 和紧固螺栓 20 用粘接胶分别植入大跨混凝土结构 1 上的螺栓预埋孔中;各螺栓的数量和截面尺寸,根据预应力张拉施工时产生的被粘贴片材与混凝土界面的剪切力,通过计算确定。

[0042] (2)、制作张拉片材固定部分、张拉片材活动部分和张拉动力固定部分；

[0043] (3)、安装张拉片材固定部分、张拉片材活动部分、由碳纤维材料制成的张拉片材组合件、张拉动力固定部分和张拉动力部分,将各部件连同张拉片材组装件预紧后,即可开始正式张拉工作；

[0044] (4)、对张拉片材 6 进行张拉作业；

[0045] (5)、拆除张拉动力,将张拉片材 6 粘结并压固到大跨混凝土结构 1 表面。

[0046] 所述步骤(2)中张拉片材固定部分中的固定端第一粘接板 10 的尺寸和型式,可根据固定端第二粘接板 11 的尺寸和固定端高强螺栓 12 的螺孔布置要求,决定是否与固定端

第二粘接板 11 一致或者按小于固定端第二粘接板 11 的尺寸单独设置,单独设置时增加固定螺栓 13;所述步骤(2)中张拉片材活动部分中的活动端第一粘接板 7 尺寸需小于活动端第二粘接板 8;所述步骤(2)中张拉动力部分的底板 3、腹板 4 和肋板 5 焊接形成截面呈 T 型的锚块,肋板 5 起到加强腹板 4 强度的作用。

[0047] 所述步骤(3)中张拉片材固定部分、张拉片材活动部分以及由碳纤维材料制成的张拉片材组合件的具体过程为:将裁剪好的张拉片材 6 的两端端部,分别涂抹碳纤维粘接胶后缠绕在活动端第一粘接板 7 和固定端第一粘接板 10 上;在与活动端第一粘接板 7 和固定端第一粘接板 10 粘结范围内的张拉片材 6 上涂抹粘接胶,使用固定螺栓 13(根据固定端第一粘接板 10 确定是否单独设置)、活动端高强螺栓 9 分别将活动端第二粘接板 8 与活动端第一粘接板 7、固定端第二粘接板 11 与固定端第一粘接板 10 连接成整体。

[0048] 当固定端第一粘接板 10 与固定端第二粘接板 11 尺寸相同且利用固定端高强螺栓 12 作为紧固螺栓 20 时,固定端第一粘接板 10 在现场安装固定端时再进行粘结装配;最后将固定端第二粘接板 11 长度范围内的张拉片材 6 表面涂抹粘接胶,用固定端高强螺栓 12 将固定端第一粘接板 10 和固定端第二粘接板 11 固定在大跨混凝土结构 1 表面上;同时将张拉螺杆 14 的一端焊接在活动端第二粘接板 8 上。

[0049] 所述步骤(3)中张拉动力固定部分具体安装过程为:在底板 3 底面涂抹粘钢胶,然后把底板 3 上的安装孔穿到动力端高强螺栓 2 上,将底板 3 粘贴在大跨混凝土结构 1 表面,然后用螺母拧到动力端高强螺栓 2 上将整个 T 型锚块固定。

[0050] 所述张拉动力部分的具体安装过程为:将张拉螺杆 14 穿过 T 型锚块的腹板 4 的穿孔、安装锚固螺母 15、支撑板 17、调节螺母 16 和千斤顶 18,千斤顶 18 的两端分别连接在支撑板 17 和腹板 4 上,同时在大跨混凝土结构 1 与张拉片材 6 表面涂刷碳纤维粘接胶。

[0051] 所述步骤(4)中张拉片材 6 的预应力张拉施工应在粘接胶凝固前完成,可根据张拉片材 6 的张拉伸长值,操控千斤顶 18,通过张拉螺杆 14 拉动张拉片材 6 伸长,通过对锚固螺母 15 一次或多次旋紧固定,进行张拉片材 6 的一次或多次张拉。

[0052] 所述步骤(5)中拆除张拉动力具体包括以下过程:张拉完成后,迅速拧紧锚固螺母 15、放松调节螺母 16、卸除支撑板 17 和千斤顶 18。支撑板 17 和千斤顶 18 可视具体情况通过螺栓连接成整体,以便减化安装和拆卸工序。

[0053] 所述步骤(5)中张拉片材 6 的粘结与压固具体包括以下过程:张拉完成后,按照自中间向两侧对称的顺序,采用压板 19 与紧固螺栓 20 将张拉片材 6 紧贴大跨混凝土结构 1 表面,确保消除预应力反拱效应产生的张拉片材 6 与大跨混凝土结构 1 表面之间的间隙。

[0054] 本发明包括但不限于本实施例,以上实施例仅用以说明而非限制本发明的技术方案,尽管参照上述实施例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解:依然可以对本发明进行修改或者等同替换,而不脱离本发明的精神和范围的任何修改或局部替换,其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。例如,步骤(1)、步骤(2)之间可以调换顺序或同时进行。

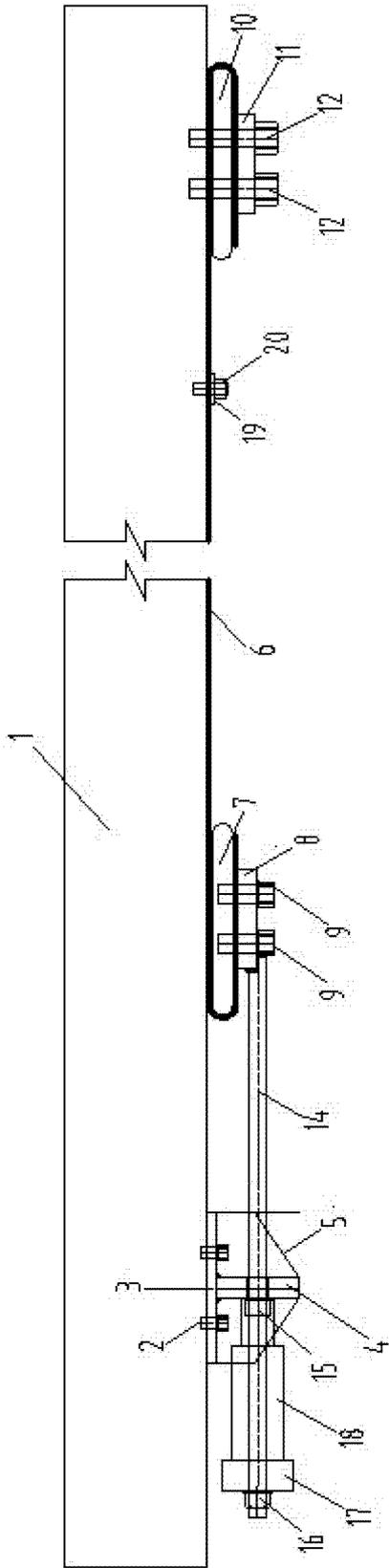


图 1

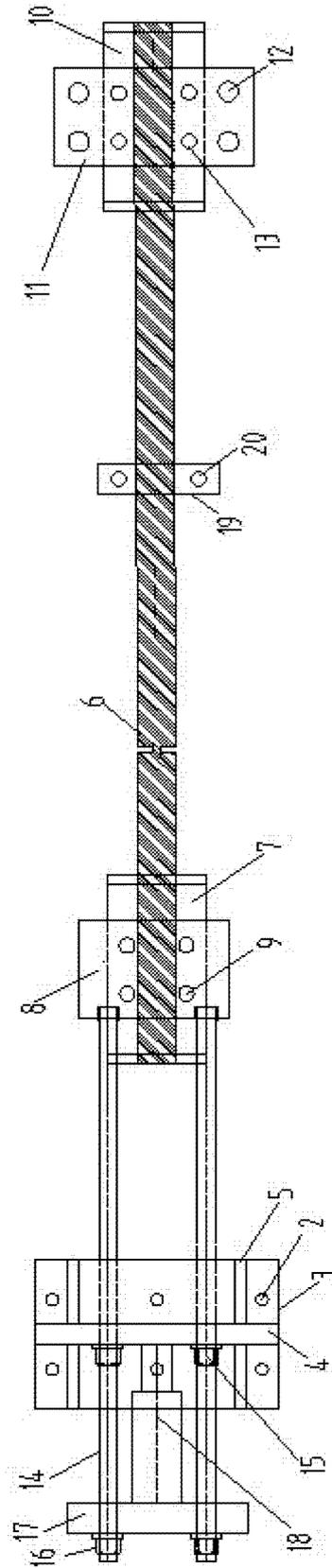


图 2