



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114703759 B

(45) 授权公告日 2024.08.06

(21) 申请号 202210475340.4

(22) 申请日 2022.04.29

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 114703759 A

(43) 申请公布日 2022.07.05

(73) 专利权人 中交二航局第四工程有限公司  
地址 241009 安徽省芜湖市鸠江区鸠江经  
济开发区富民路17-8号  
专利权人 芜湖科航工程检测有限公司

(72) 发明人 周海生 马亮亮 赵鹏飞 张国浩  
郭佳嘉 解光路 许雄飞 蔡少云  
王冬松 周亚军

(74) 专利代理机构 芜湖安汇知识产权代理有限  
公司 34107  
专利代理师 张永生

(51) Int.Cl.

G01C 15/00 (2006.01)

E01D 21/00 (2006.01)

E01D 19/14 (2006.01)

E01D 11/02 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 102878883 A, 2013.01.16

CN 103453841 A, 2013.12.18

审查员 罗怡澜

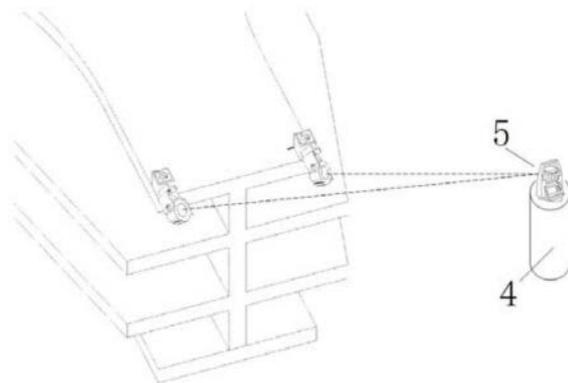
权利要求书3页 说明书14页 附图5页

(54) 发明名称

一种悬索桥型钢锚固系统锚杆前端部空间  
定位方法

(57) 摘要

本发明公开了一种悬索桥型钢锚固系统锚杆前端部空间定位方法,提出了一种使用双磁吸式棱镜按照两点定位模式进行锚杆前端部空间定位,锚杆调整过程中无须人工司镜,降低司镜员高空作业风险,可利用全站仪自动照准功能,夜间测量时无须对棱镜照明;考虑了大温差长杆件的钢结构热胀冷缩效应,根据安装时锚杆表面实际温度与成桥设计温度之间的温差,对图纸锚杆设计长度施加温度修正得到理论长度,利用理论长度进行锚杆前端部特征点理论空间坐标计算;依据设计允许偏差要求,同时结合桥位现场锚杆安装实际工况,提出了锚杆前端部定位的安装允许偏差实用标准。



1.一种悬索桥型钢锚固系统锚杆前端部空间定位方法,其特征在于:所述空间定位方法包括以下步骤:

S1、编制锚杆前端部特征点空间位置偏差计算表格;

S2、铺设锚杆测量专用控制点、安置全站仪建站:

在锚固系统锚杆前端部的前方一定距离稳定处理设专用控制点,利用周边稳定可靠首级控制点同等级内插加密该专用控制点桥轴空间坐标;在该专用控制点上安置全站仪,后视远处第二个已知控制点进行设站定向,开始测量前需要检查附近的第三个已知控制点;

S3、在锚杆上表面前端部标记端头基准线:

锚杆吊装前,锚杆存放在施工现场水平台座上,在锚杆前端部上表面左侧端部向内移动一定距离处做一左侧标识点,在锚杆前端部上表面右侧端部向内移动相同距离处做一右侧标识点,使用直尺连接左右标识点,利用刀片或锯条沿直尺线在锚杆上表面刻划左右两侧端头基准线;

S4、测量锚杆表面温度:

测量锚杆前端部表面温度,记录到锚杆计算表格“锚杆表面温度”字段处;

S5、沿左右端头基准线安装双磁吸式棱镜并将反射棱镜对准全站仪视线方向:

锚杆吊装完成后,锚杆被倾斜放置于钢支架上,司镜员在做好安全措施的情况下到达锚杆前端部安装左右侧双磁吸式棱镜,每侧的磁吸式棱镜侧边缘与锚杆上表面对应侧面对齐,后边缘与锚杆上表面基准线对齐;按下磁吸式棱镜卡扣按钮,绕接头转动卡扣棱镜,使得镜框对准全站仪所在方位,再绕卡扣棱镜旋转轴转动反射棱镜,使得反射棱镜对准全站仪视线方向;另外,将该待调锚杆的编号信息记录到锚杆计算表格对应字段处;

S6、利用平行定位夹尺使双磁吸式棱镜互相平行并读取读数:

移动平行定位夹尺的游标夹,使平行定位夹尺的开口宽度稍大于锚杆上表面的宽度,让主尺的固定夹板与锚杆上表面的一侧面紧密接触,固定夹板上的限位耳板沿开关磁铁表面支撑于锚杆上表面,固定夹板上的支撑耳板支撑于开关磁铁磁性开关所在表面;移动游标夹夹紧锚杆上表面,使得活动夹板与锚杆上表面另一侧面紧密接触,活动夹板上的限位耳板沿开关磁铁表面支撑于锚杆上表面,活动夹板上的支撑耳板支撑于开关磁铁磁性开关所在表面;平行定位夹尺安置完成后,使得一侧开关磁铁外侧面与固定夹板密贴,另一侧开关磁铁外侧面与活动夹板密贴,这样就将左右两个磁吸式棱镜安置平行了,读取平行定位夹尺的读数,并将读数记录到锚杆计算表格“尺量左右间距”字段处;

S7、测量双磁吸式棱镜空间坐标、计算锚杆前端部空间位置偏差:

利用在专用控制点上已安置的全站仪依次测量右侧、左侧磁吸式棱镜桥轴空间坐标,并将坐标值输入到锚杆计算表格对应字段“实测桥轴空间坐标”中,双磁吸式棱镜空间坐标输入完成后,通过锚杆计算表格计算显示当前锚杆空间位置偏差;

S8、依据锚杆前端部空间位置偏差调整锚杆:

因锚固系统制造误差与安装误差的累积,桥位现场安装时,部分锚杆前端部在局部空间坐标系X轴方向偏差 $\Delta X$ 存在稍大于10mm的情况,又锚杆长度方向即X轴方向不可调整,为了使得锚杆中心线空间角度定位更加精确,采用特征点的实测X值计算其理论的Y、Z值,将特征点Y、Z实测值与理论值较差进行控制,对应计算表格“以实测X定理论YZ”中的“ $\Delta Y$ 、 $\Delta Z$ ”;在前支架处指导作业人员增减锚杆底部的垫片调整锚杆前端部Y轴方向偏差;在前支架

处指导作业人员横桥向调整锚杆前端部Z轴方向偏差；

S9、当前锚杆前端部调整完成后,重复S7步骤,若当前锚杆前端部空间位置偏差不能同时满足本方法的安装允许偏差实用标准,重复S8步骤、S7步骤,直至同时满足本方法的安装允许偏差实用标准为止,进入下一根待调锚杆前端部的空间定位；

其中,

所述步骤S7中,若“左右棱镜中心间距校核”不大于1mm,则说明双磁吸式棱镜安置平行、双磁吸式棱镜的棱镜中心空间坐标本次测量与输入无误,本次测量正确可靠;若“左右棱镜中心间距校核”大于1mm,则说明本次测量不可靠,需要依次从坐标值输错、坐标测错、双磁吸式棱镜安置不平行三个方面查找原因并排除,双磁吸式棱镜安置不平时需要重复步骤S6；

所述磁吸式棱镜包括吸附底座和卡扣棱镜,所述卡扣棱镜中的镜框可转动调整的设在吸附底座上,反射棱镜可转动调整的设在镜框中;所述平行定位夹尺包括带刻度线的主尺和可沿主尺刻度线方向移动的游标夹,所述主尺的一端设有侧伸出部,侧伸出部上设有用于对一个磁吸式棱镜进行定位的固定夹板,所述游标夹的一侧设有用于对另一个磁吸式棱镜进行定位的活动夹板;固定夹板和活动夹板相对应平行设置；

所述吸附底座包括开关磁铁和设在开关磁铁上的连接头,所述开关磁铁为方体结构;卡扣棱镜包括镜框、插入孔、卡扣按钮、旋转轴、反射棱镜、瞄准槽,镜框的下部设有与连接头配合的插入孔,反射棱镜通过旋转轴设在镜框中,镜框的下部上对应插入孔设有用于卡紧连接头的卡扣按钮,反射棱镜边缘上设有瞄准槽;所述侧伸出部上固定有与主尺相平行的螺杆,游标夹上设有移动板,移动板上设有用于螺杆穿过的通孔,螺杆上设有用于锁紧移动板的螺帽。

2.如权利要求1所述悬索桥型钢锚固系统锚杆前端部空间定位方法,其特征在于:所述步骤S4中,考虑大温差长杆件的钢结构热胀冷缩效应,根据安装时锚杆表面实际温度与成桥设计温度之间的温差 $\Delta t$ ,对图纸锚杆设计长度L施加温度修正得到理论长度为 $L+1.2 \times 10^{-5} \times \Delta t \times L$ ,利用理论长度进行锚杆前端部特征点理论空间坐标计算。

3.如权利要求1所述悬索桥型钢锚固系统锚杆前端部空间定位方法,其特征在于:所述步骤S8中:

依据定位锚杆中心线空间角度的原理,结合控制锚杆左右两侧的相对高差,本方法的安装允许偏差实用标准为: $-5\text{mm} \leq \Delta Y_{\text{右侧}} \leq 5\text{mm}$ 、 $-5\text{mm} \leq \Delta Y_{\text{左侧}} \leq 5\text{mm}$ 、 $-3\text{mm} \leq \Delta Y_{\text{右侧}} - \Delta Y_{\text{左侧}} \leq 3\text{mm}$ 、 $-5\text{mm} \leq \Delta Z_{\text{平均}} = (\Delta Z_{\text{右侧}} + \Delta Z_{\text{左侧}}) / 2 \leq 5\text{mm}$ , $\Delta Y_{\text{右侧}}$ 、 $\Delta Z_{\text{右侧}}$ 分别为右侧磁吸式棱镜以实测X定理论YZ计算的偏差 $\Delta Y$ 、 $\Delta Z$ ;  $\Delta Y_{\text{左侧}}$ 、 $\Delta Z_{\text{左侧}}$ 分别为左侧磁吸式棱镜以实测X定理论YZ计算的偏差 $\Delta Y$ 、 $\Delta Z$ 。

4.如权利要求1所述悬索桥型钢锚固系统锚杆前端部空间定位方法,其特征在于:所述全站仪通过强制对中墩安置在专用控制点上。

5.如权利要求1所述悬索桥型钢锚固系统锚杆前端部空间定位方法,其特征在于:所述桥轴空间坐标为点在桥轴空间坐标系中的三维坐标,桥轴空间坐标系为全站仪测量坐标系,是一种左手坐标系, $X_Q$ 正向为顺桥向指向大里程, $Y_Q$ 正向为横桥向指向线路右侧,H为高程方向,桥轴空间坐标记作 $(X_Q, Y_Q, H)$ ;所述局部空间坐标系为图纸设计坐标系,在原点为主缆理论散索点,X正向为主缆理论散索中心线方向指向地面,Y正向为顺桥向竖直面内主缆

理论散索中心线垂线方向指向天空,Z与X、Y构成右手坐标系,局部空间坐标记作(X,Y,Z)。

## 一种悬索桥型钢锚固系统锚杆前端部空间定位方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及悬索桥锚固系统技术领域,尤其是涉及一种悬索桥型钢锚固系统锚杆前端部空间定位方法。

### 背景技术

[0002] 悬索桥型钢锚固系统由后锚梁与锚杆组成,后锚梁埋于锚体砼内,锚杆底端部采用栓接方式连接在后锚梁上,锚杆前端部与主缆索股直接锚固连接,精确定位锚杆前端部是型钢锚固系统安装定位的关键。锚杆前端部空间定位精度要求高,锚杆是一种钢结构杆件,对温度影响较为敏感,一般要求在夜间温度较为稳定时进行安装定位。

[0003] 锚杆前端部空间定位的常规测量方式是人工司镜或粘贴反射片,锚杆前端部距最近的操作平台(或混凝土地面)有一定的距离,相邻锚杆前端部之间是悬空的。人工司镜时司镜员都要从操作平台(或混凝土地面)爬到锚杆前端部,在锚杆前端部狭窄的位置上站稳手扶安置棱镜,测完后再返回,在夜间定位时,司镜难度更大、安全作业风险更高、作业效率更低;粘贴反射片虽避免了司镜员高空作业,但与采用棱镜比较,测量精度有所降低,不能使用高精度全站仪自带的自动照准功能,需要人工照准测量,测量效率低,夜间测量对照明条件要求高,多根锚杆定位时测量频率高,全站仪主测人员作业强度高,需要测量员与计算员两人配合完成主测工作。

[0004] 锚固系统设计图纸中给出的每一根锚杆设计长度是指在成桥设计温度下的设计制造长度,根据施工计划安排,全年中任何一个季节都可以在自然环境中对锚杆进行桥位现场安装。安装时锚杆表面温度与成桥设计温度是有差异的,钢结构线胀系数为 $0.012\text{mm}/^{\circ}\text{C}/\text{m}$ ,温度变化 $10^{\circ}\text{C}$ 时,长度 $20\text{m}$ 的钢结构杆件长度变化 $2.4\text{mm}$ 。锚杆前端部空间定位长度方向(X轴方向)允许偏差 $10\text{mm}$ ,需要考虑大温差长杆件的钢结构热胀冷缩效应,依据安装时实测杆件表面温度对锚杆设计长度施加温度改正。在以往的锚杆前端部空间定位中未见对锚杆长度施加温度改正。

[0005] 局部空间坐标系中,锚杆前端部设计允许偏差为: $-10\text{mm} \leq \Delta X \leq 10\text{mm}$ 、 $-5\text{mm} \leq \Delta Y \leq 5\text{mm}$ 、 $-5\text{mm} \leq \Delta Z \leq 5\text{mm}$ 。因锚固系统制造误差与安装误差的累积,桥位现场安装时,锚杆长度(X轴)方向不可调整,部分锚杆前端部X轴方向偏差 $\Delta X$ 存在稍大于 $10\text{mm}$ 的情况,超出设计允许偏差不能满足要求;设计允许偏差没有对锚杆前端部左右两侧Y轴方向相对偏差作出明确要求。

### 发明内容

[0006] 针对现有技术不足,本发明是提供一种悬索桥型钢锚固系统锚杆前端部空间定位方法,以达到锚杆前端部空间定位准确安全高效的目的。

[0007] 为了解决上述技术问题,本发明所采用的技术方案为:

[0008] 该悬索桥型钢锚固系统锚杆前端部空间定位方法,包括以下步骤:

[0009] S1、编制锚杆前端部特征点空间位置偏差计算表格;

[0010] S2、布设锚杆测量专用控制点、安置全站仪建站：

[0011] 在锚固系统锚杆前端部的前方一定距离稳定处理设专用控制点，利用周边稳定可靠首级控制点同等级内插加密该专用控制点桥轴空间坐标；在该专用控制点上安置全站仪，后视远处第二个已知控制点进行设站定向，开始测量前需要检查附近的第三个已知控制点；

[0012] S3、在锚杆上表面前端部标记端头基准线：

[0013] 锚杆吊装前，锚杆存放在施工现场水平台座上，在锚杆前端部上表面左侧端部向内移动一定距离处做一左侧标识点，在锚杆前端部上表面右侧端部向内移动相同距离处做一右侧标识点，使用直尺连接左右标识点，利用刀片或锯条沿直尺线在锚杆上表面刻划左右两侧端头基准线；

[0014] S4、测量锚杆表面温度：

[0015] 测量锚杆前端部表面温度，记录到锚杆计算表格“锚杆表面温度”字段处；

[0016] S5、沿左右端头基准线安装双磁吸式棱镜并将反射棱镜对准全站仪视线方向：

[0017] 锚杆吊装完成后，锚杆被倾斜放置于钢支架上，司镜员在做好安全措施的情况下到达锚杆前端部安装左右侧双磁吸式棱镜，每侧的磁吸式棱镜侧边缘与锚杆上表面对应侧面对齐，后边缘与锚杆上表面基准线对齐；按下磁吸式棱镜卡扣按钮，绕接头转动卡扣棱镜，使得镜框对准全站仪所在方位，再绕卡扣棱镜旋转轴转动反射棱镜，使得反射棱镜对准全站仪视线方向；另外，将该待调锚杆的编号信息记录到锚杆计算表格对应字段处；

[0018] S6、利用平行定位夹尺使双磁吸式棱镜互相平行并读取读数：

[0019] 移动平行定位夹尺的游标夹，使平行定位夹尺的开口宽度稍大于锚杆上表面的宽度，让主尺的固定夹板与锚杆上表面的一侧面紧密接触，固定夹板上的限位耳板沿开关磁铁表面支撑于锚杆上表面，固定夹板上的支撑耳板支撑于开关磁铁磁性开关所在表面；移动游标夹夹紧锚杆上表面，使得活动夹板与锚杆上表面另一侧面紧密接触，活动夹板上的限位耳板沿开关磁铁表面支撑于锚杆上表面，活动夹板上的支撑耳板支撑于开关磁铁磁性开关所在表面；平行定位夹尺安置完成后，使得一侧开关磁铁外侧面与固定夹板密贴，另一侧开关磁铁外侧面与活动夹板密贴，这样就将左右两个磁吸式棱镜安置平行了，读取平行定位夹尺的读数，并将读数记录到锚杆计算表格“尺量左右间距”字段处；

[0020] S7、测量双磁吸式棱镜空间坐标、计算锚杆前端部空间位置偏差：

[0021] 利用在专用控制点上已安置的全站仪依次测量右侧、左侧磁吸式棱镜桥轴空间坐标，并将坐标值输入到锚杆计算表格对应字段“实测桥轴空间坐标”中，双磁吸式棱镜空间坐标输入完成后，通过锚杆计算表格计算显示当前锚杆空间位置偏差；

[0022] S8、依据锚杆前端部空间位置偏差调整锚杆：

[0023] 因锚固系统制造误差与安装误差的累积，桥位现场安装时，部分锚杆前端部在局部空间坐标系X轴方向偏差  $\Delta X$  存在稍大于10mm的情况，又锚杆长度方向即X轴方向不可调整，为了使得锚杆中心线空间角度定位更加精确，采用特征点的实测X值计算其理论的Y、Z值，将特征点Y、Z实测值与理论值较差进行控制，对应计算表格“以实测X定理论YZ”中的“ $\Delta Y$ 、 $\Delta Z$ ”；在前支架处指导作业人员增减锚杆底部的垫片调整锚杆前端部Y轴方向偏差；在前支架处指导作业人员横桥向调整锚杆前端部Z轴方向偏差；

[0024] S9、当前锚杆前端部调整完成后，重复S7步骤，若当前锚杆前端部空间位置偏差

能同时满足本方法的安装允许偏差实用标准,重复S8步骤、S7步骤,直至同时满足本方法的安装允许偏差实用标准为止,进入下一根待调锚杆前端部的空间定位。

[0025] 进一步的:

[0026] 所述步骤S4中,考虑大温差长杆件的钢结构热胀冷缩效应,根据安装时锚杆表面实际温度与成桥设计温度之间的温差 $\Delta t$ ,对图纸锚杆设计长度施加温度修正得到理论长度为 $L+1.2 \times 10^{-5} \times \Delta t \times L$ ,利用理论长度进行锚杆前端部特征点理论空间坐标计算。

[0027] 所述步骤S7中,若“左右棱镜中心间距校核”不大于1mm,则说明双磁吸式棱镜安置平行、双磁吸式棱镜的棱镜中心空间坐标本次测量与输入无误,本次测量正确可靠;若“左右棱镜中心间距校核”大于1mm,则说明本次测量不可靠,需要依次从坐标值输错、坐标测错、双磁吸式棱镜安置不平行三个方面查找原因并排除,双磁吸式棱镜安置不平行时需要重复步骤S6。

[0028] 所述步骤S8中:

[0029] 依据定位锚杆中心线空间角度的原理,结合控制锚杆左右两侧的相对高差,本方法的安装允许偏差实用标准为: $-5\text{mm} \leq \Delta Y_{\text{右侧}} \leq 5\text{mm}$ 、 $-5\text{mm} \leq \Delta Y_{\text{左侧}} \leq 5\text{mm}$ 、 $-3\text{mm} \leq \Delta Y_{\text{右侧}} - \Delta Y_{\text{左侧}} \leq 3\text{mm}$ 、 $-5\text{mm} \leq \Delta Z_{\text{平均}} = (\Delta Z_{\text{右侧}} + \Delta Z_{\text{左侧}}) / 2 \leq 5\text{mm}$ , $\Delta Y_{\text{右侧}}$  ( $\Delta Y_{\text{左侧}}$ )、 $\Delta Z_{\text{右侧}}$  ( $\Delta Z_{\text{左侧}}$ ) 分别为右侧(左侧)磁吸式棱镜以实测X定理YZ计算的偏差 $\Delta Y$ 、 $\Delta Z$ 。

[0030] 所述磁吸式棱镜包括吸附底座和卡扣棱镜,所述卡扣棱镜中的镜框可转动调整的设在吸附底座上,反射棱镜可转动调整的设在镜框中。

[0031] 所述平行定位夹尺包括带刻度线的主尺和可沿主尺刻度线方向移动的游标夹,所述主尺的一端设有侧伸出部,侧伸出部上设有用于对一个磁吸式棱镜进行定位的固定夹板,所述游标夹的一侧设有用于对另一个磁吸式棱镜进行定位的活动夹板;固定夹板和活动夹板相对应平行设置。

[0032] 所述全站仪通过强制对中墩安置在专用控制点上。

[0033] 所述桥轴空间坐标为点在桥轴空间坐标系中的三维坐标,桥轴空间坐标系为全站仪测量坐标系,是一种左手坐标系, $X_Q$ 正向为顺桥向指向大里程, $Y_Q$ 正向为横桥向指向线路右侧,H为高程方向,桥轴空间坐标记作 $(X_Q, Y_Q, H)$ 。

[0034] 所述局部空间坐标系为图纸设计坐标系,在原点为主缆理论散索点,X正向为主缆理论散索中心线方向指向地面,Y正向为顺桥向竖直面内主缆理论散索中心线垂线方向指向天空,Z与X、Y构成右手坐标系,局部空间坐标记作 $(X, Y, Z)$ 。

[0035] 所述吸附底座包括开关磁铁和设在开关磁铁上的连接头,所述开关磁铁为方体结构;所述卡扣棱镜包括镜框、插入孔、卡扣按钮、旋转轴、反射棱镜、瞄准槽,镜框的下部设有与连接头配合的插入孔,反射棱镜通过旋转轴设在镜框中,镜框的下部上对应插入孔设有用于卡紧连接头的卡扣按钮,反射棱镜边缘上设有瞄准槽。

[0036] 所述侧伸出部上固定有与主尺相平行的螺杆,游标夹上设有移动板,移动板上设有用于螺杆穿过的通孔,螺杆上设有用于锁紧移动板的螺帽。

[0037] 本发明与现有技术相比,具有以下优点:

[0038] 该悬索桥型钢锚固系统锚杆前端部空间定位方法设计合理,提出了一种使用双磁吸式棱镜按照两点定位模式进行锚杆前端部空间定位;考虑了大温差长杆件的钢结构热胀冷缩效应,根据安装时锚杆表面实际温度与成桥设计温度之间的温差,对图纸锚杆设计长

度施加温度修正得到理论长度,利用理论长度进行锚杆前端部特征点理论空间坐标计算;依据设计允许偏差要求,同时结合桥位现场锚杆安装实际工况,提出了锚杆前端部定位的安装允许偏差实用标准;采用的磁吸式棱镜结构,结合了人工司镜与粘贴反射片两种常规测量方式的优点,仅需测前测后安拆工装,锚杆调整过程中无须人工司镜,极大降低了司镜员的劳动强度与高空作业风险,棱镜较反射片测量精度高,可以使用高精度全站仪自动照准功能,加快了测量速率,夜间测量时无须对测量目标照明,高频率测量时极大减轻了主测人员的劳动强度。

### 附图说明

[0039] 下面对本说明书各幅附图所表达的内容及图中的标记作简要说明:

[0040] 图1为本发明专用控制点上建站测量锚杆前端部平面示意图。

[0041] 图2为本发明锚杆前端部标记基准线示意图。

[0042] 图3为本发明磁吸式棱镜安置示意图。

[0043] 图4为本发明平行定位夹尺定位磁吸式棱镜示意图。

[0044] 图5为本发明全站仪测量磁吸式棱镜中心示意图。

[0045] 图6为本发明型钢锚固系统安装顺桥向剖面示意图。

[0046] 图7为本发明型钢锚固系统锚杆群示意图。

[0047] 图8为本发明平行定位夹尺结构示意图。

[0048] 图9为本发明松紧螺杆结构示意图。

[0049] 图10为本发明主尺结构示意图。

[0050] 图11为本发明游标夹结构示意图。

[0051] 图12为本发明磁吸式棱镜结构示意图。

[0052] 图13为本发明吸附底座结构示意图。

[0053] 图14为本发明卡扣棱镜结构示意图。

[0054] 图中:

[0055] 1. 锚杆前端部、

[0056] 2. 磁吸式棱镜、201. 吸附底座、2011. 磁性开关、2012. 连接头、2013. 销孔、202. 卡扣棱镜、2021. 插入孔、2022. 卡扣按钮、2023. 旋转轴、2024. 反射棱镜、2025. 瞄准槽、2026. 镜框、

[0057] 3. 平行定位夹尺、301. 主尺、302. 游标夹、3021. 滑槽、3022. 支撑耳板、3023. 活动夹板、3024. 限位耳板、303. 固定板、304. 螺杆、305. 移动板、306. 螺帽I、307. 螺帽II、308. 固定夹板、

[0058] 4. 强制对中墩、

[0059] 5. 全站仪。

### 具体实施方式

[0060] 下面对照附图,通过对实施例的描述,对本发明的具体实施方式作进一步详细的说明。

[0061] 如图1至图14所示,该悬索桥型钢锚固系统锚杆前端部空间定位方法,包括以下步

骤:

[0062] S1、编制锚杆前端部特征点空间位置偏差计算表格(简称锚杆计算表格):在电脑上使用Excel制作锚杆前端部特征点空间位置偏差锚杆计算表格,搭载到智能手机上方便在现场使用此锚杆计算表格。左右幅、后锚梁序号、锚杆序号、锚杆表面温度、尺量左右间距、右侧(左侧)磁吸式棱镜中心实测施工桥轴坐标 $X_Q$ 、 $Y_Q$ 、 $H$ 共11个字段为锚杆计算表格的输入信息,棱镜中心高、横宽、竖长3个字段为磁吸式棱镜工装已知参数,其余字段为计算显示信息。

左右幅	后锚梁序号	锚杆序号	锚杆表面温度℃
右幅	7	3	8
工装参数 (mm)			
尺量左右间距	棱镜中心高	横宽	竖长
240.2	93.7	30	35.4
磁吸式棱镜中心	实测桥轴空间坐标 (m)		
	$X_Q$	$Y_Q$	H
	右侧	3879.8032	15.8786
左侧	3879.8217	16.0878	28.3283
磁吸式棱镜中心	以实测X定理YZ (mm)		
	$\Delta Y$	$\Delta Z$	左右棱镜中心间距校核
	右侧	-7.1	
	左侧	-13.7	13.1
平均	-10.5	13.1	-0.1
工装中点	实测空间坐标 (m)		
	$X_Q/X$	$Y_Q/X$	H/Z
	桥轴	3879.8125	15.9832
局部	21.0917	-1.9129	-2.1332
特征点位置	与设计局部空间坐标较差 (mm)		
	$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta Z$
工装中点	10.9	-11.5	12.1

[0063] 表1-锚杆计算表格

[0064] S2、布设锚杆测量专用控制点、安置全站仪建站:在锚固系统锚杆前端部的前方一定距离(不大于100m,有利于全站仪自动照准功能正确区分双棱镜、提高测量精度)稳定处理设专用控制点(采用强制对中墩4形式),利用周边稳定可靠首级控制点同等级内插加密该专用控制点桥轴空间坐标;在该专用控制点上安置全站仪5,后视远处第二个已知控制点进行设站定向,开始测量前需要检查附近的第三个已知控制点。

[0065] S3、在锚杆上表面前端部标记端头基准线:锚杆吊装前,锚杆存放在施工现场水平台座上,在锚杆前端部上表面左侧端部向内移动一定距离(可采用开关磁铁高度方向尺寸)处做一左侧标识点,在锚杆前端部上表面右侧端部向内移动相同距离(可采用开关磁铁高度方向尺寸)处做一右侧标识点,使用直尺连接左右标识点,利用刀片或锯条沿直尺线在锚杆上表面刻划左右两侧端头基准线(端头基准线为刻划线便于长时间保存),左右两侧端头

基准线长度不需要贯通,单侧端头基准线长度稍大于开关磁铁横向宽度即可(左右两侧端头基准线不贯通可尽量减少对锚杆表面的无效刻痕)。

[0067] S4、测量锚杆表面温度:司镜员使用测温枪测量锚杆前端部表面温度,通过对讲机报送给主测人员记录并输入到锚杆计算表格“锚杆表面温度”字段处(考虑大温差长杆件的钢结构热胀冷缩效应,根据安装时锚杆表面实测温度与成桥理论温度的温差 $\Delta t$ ,锚杆图纸设计长度为 $L$ ,施加温度改正后其理论长度为 $L+1.2 \times 10^{-5} \times \Delta t \times L$ ,以理论长度代替图纸设计长度作为已知参数进行锚杆前端部理论空间位置计算)。

[0068] S5、沿左右侧端头基准线安装双磁吸式棱镜并将反射棱镜对准全站仪视线方向:锚杆吊装完成后,锚杆被倾斜放置于钢支架上,司镜员在做好安全措施的情况下到达锚杆前端部安装左右侧双磁吸式棱镜,左(右)侧磁吸式棱镜开关磁铁侧边缘与锚杆上表面左(右)侧面对齐,左(右)侧磁吸式棱镜开关磁铁后边缘与锚杆上表面左(右)侧端头基准线对齐;按下左(右)侧磁吸式棱镜卡扣按钮,绕接头转动卡扣棱镜,使得镜框对准全站仪所在方位,再绕卡扣棱镜旋转轴转动反射棱镜,使得反射棱镜对准全站仪视线方向;另外,司镜人员将该待调锚杆的编号信息(左右幅、后锚梁序号、锚杆序号)通过对讲机报给主测人员记录并输入到锚杆计算表格对应字段处。

[0069] S6、利用平行定位夹尺使双磁吸式棱镜互相平行并读取读数:移动平行定位夹尺的游标夹,使平行定位夹尺的开口宽度稍大于锚杆上表面的宽度,让主尺的固定夹板与锚杆上表面的左侧面紧密接触,固定夹板上的限位耳板沿开关磁铁表面支撑于锚杆上表面,固定夹板上的支撑耳板支撑于开关磁铁磁性开关所在表面;旋松螺帽I、旋紧螺帽II,移动游标夹夹紧锚杆上表面,使得活动夹板与锚杆上表面右侧面紧密接触,活动夹板上的限位耳板沿开关磁铁表面支撑于锚杆上表面,活动夹板上的支撑耳板支撑于开关磁铁磁性开关所在表面;平行定位夹尺安置完成后,使得左侧开关磁铁左侧面与固定夹板密贴、右侧开关磁铁右侧面与活动夹板密贴,这样就将左右两个磁吸式棱镜安置平行了,读取平行定位夹尺的读数(读至0.1mm,减去一个开关磁铁横向宽度即是两个磁吸式棱镜中心间距),并将读数通过对讲机报送给主测人员记录输入到锚杆计算表格“丈量左右间距”字段处。此时司镜员完成单根锚杆的高空作业工作,可以离开当前待调锚杆前端部,回归正常安全状态。

[0070] S7、测量双磁吸式棱镜空间坐标、计算锚杆前端部空间位置偏差:利用在专用控制点上已安置的全站仪依次测量(距离近,高精度全站仪半测回盘左测量即可,简化了测量程序、加快了单次测量速率)右侧、左侧磁吸式棱镜桥轴空间坐标(精确到0.1mm),并将坐标值输入到锚杆计算表格对应字段“实测桥轴空间坐标(m)”中,双磁吸式棱镜空间坐标输入完成后,锚杆计算表格自动完成计算显示当前锚杆空间位置偏差(“左右棱镜中心间距校核”、“以实测X定理YZ(mm)”及“与设计局部空间坐标较差(mm)”相应字段)。若“左右棱镜中心间距校核”不大于1mm,则说明双磁吸式棱镜安置平行、双磁吸式棱镜棱镜中心空间坐标本次测量与输入无误,本次测量正确可靠;若“左右棱镜中心间距校核”大于1mm,则说明本次测量不可靠,需要依次从坐标值输错、坐标测错、双磁吸式棱镜安置不平行三个方面查找原因并排除,双磁吸式棱镜安置不平行时需要重复S6。右侧与左侧磁吸式棱镜中心实测桥轴空间坐标的平均值即为双磁吸式棱镜工装中点(简称工装中点)的实测桥轴空间坐标( $X_Q, Y_Q, H$ ),再将工装中点的实测桥轴空间坐标( $X_Q, Y_Q, H$ )转化为局部空间坐标( $X, Y, Z$ )(方便调整锚杆在Y、Z两个方向偏差),并与锚杆前端部图纸设计局部空间坐标较差计算( $\Delta X, \Delta Y,$

$\Delta Z$ ),设计允许偏差 $-10\text{mm}\leq\Delta X\leq 10\text{mm}$ 、 $-5\text{mm}\leq\Delta Y\leq 5\text{mm}$ 、 $-5\text{mm}\leq\Delta Z\leq 5\text{mm}$ 。

[0071] S8、依据锚杆前端部空间位置偏差调整锚杆:因锚固系统制造误差与安装误差的累积,桥位现场安装时,部分锚杆前端部在局部空间坐标系X轴方向偏差 $\Delta X$ 存在稍大于10mm的情况,又锚杆长度方向即X轴方向不可调整,为了使得锚杆中心线空间角度定位更加精确,采用特征点的实测X值计算其理论的Y、Z值,将特征点Y、Z实测值与理论值较差进行控制,对应计算表格“以实测X定理论YZ(mm)”中的“ $\Delta Y$ 、 $\Delta Z$ ”。本方法的安装允许偏差实用标准为: $-5\text{mm}\leq\Delta Y_{\text{右侧}}\leq 5\text{mm}$ 、 $-5\text{mm}\leq\Delta Y_{\text{左侧}}\leq 5\text{mm}$ 、 $-3\text{mm}\leq\Delta Y_{\text{右侧}}-\Delta Y_{\text{左侧}}\leq 3\text{mm}$ 、 $-5\text{mm}\leq\Delta Z_{\text{平均}}=(\Delta Z_{\text{右侧}}+\Delta Z_{\text{左侧}})/2\leq 5\text{mm}$ 、 $\Delta Y_{\text{右侧}}(\Delta Y_{\text{左侧}})$ 、 $\Delta Z_{\text{右侧}}(\Delta Z_{\text{左侧}})$ 分别为右侧(左侧)磁吸式棱镜以实测X定理论YZ计算的偏差 $\Delta Y$ 、 $\Delta Z$ 。依据 $\Delta Y_{\text{右侧}}(\Delta Y_{\text{左侧}})$ ,在前支架处指导作业人员增减锚杆底部的垫片调整锚杆前端部右侧(左侧)Y轴方向(沿前支架斜面上下方向)偏差;依据 $\Delta Z_{\text{平均}}$ ,在前支架处指导作业人员横桥向调整锚杆前端部Z轴方向(横桥向左右方向)偏差。

[0072] S9、当前锚杆前端部调整完成后,重复第S7,若当前锚杆前端部空间位置偏差不能同时满足本方法的安装允许偏差实用标准,重复S8、S7,直至同时满足本方法的安装允许偏差实用标准为止,进入下一根待调锚杆前端部的空间定位。

[0073] 桥轴空间坐标为点在桥轴空间坐标系中的三维坐标,桥轴空间坐标系为全站仪测量坐标系,是一种左手坐标系, $X_Q$ 正向为顺桥向指向大里程, $Y_Q$ 正向为横桥向指向线路右侧, $H$ 为高程方向,桥轴空间坐标记作 $(X_Q, Y_Q, H)$ 。

[0074] 局部空间坐标系为图纸设计坐标系,在原点为主缆理论散索点, $X$ 正向为主缆理论散索中心线方向指向地面, $Y$ 正向为顺桥向竖直面内主缆理论散索中心线垂线方向指向天空, $Z$ 与 $X$ 、 $Y$ 构成右手坐标系,局部空间坐标记作 $(X, Y, Z)$ 。

[0075] 磁吸式棱镜2包括吸附底座201和卡扣棱镜202,镜框206可转动调整的设在吸附底座上,反射棱镜204可转动调整的设在镜框中;吸附底座包括开关磁铁和设在开关磁铁上的连接头2012,开关磁铁为方体结构,开关磁铁上设有磁性开关2011,连接头上设有便于拧紧连接头的销孔2013;卡扣棱镜包括镜框、插入孔2021、卡扣按钮2022、旋转轴2023、反射棱镜204、瞄准槽2025,镜框的下部设有与连接头配合的插入孔,反射棱镜通过旋转轴设在镜框中,镜框的下部上对应插入孔设有用于卡紧连接头的卡扣按钮,反射棱镜边缘上设有瞄准槽;磁吸式棱镜定位操作简便。

[0076] 平行定位夹尺3包括带刻度线的主尺301和可沿主尺刻度线方向移动的游标夹302,主尺的一端设有侧伸出部,侧伸出部上设有用于对一个磁吸式棱镜进行定位的固定夹板308,游标夹的一侧设有用于对另一个磁吸式棱镜进行定位的活动夹板3023;固定夹板和活动夹板相对应平行设置。侧伸出部上固定有与主尺相平行的螺杆304,游标夹上设有移动板305,移动板上设有用于螺杆穿过的通孔,螺杆上设有用于锁紧移动板的螺帽。固定夹板和活动夹板相对应平行设置;通过两个平行夹板来保证两个磁吸式棱镜的平行度,活动夹板可沿带刻度主尺移动,两磁吸式棱镜距离定位准确,操作简便。

[0077] 主尺和侧伸出部为呈L形的一体结构,结构稳定可靠;固定夹板和活动夹板的侧边上均设有支撑耳板3022和限位耳板3024,可以更好对磁吸式棱镜位置进行定位,每个夹板上的支撑耳板和限位耳板设在不同的侧边上。侧伸出部上固定有与主尺相平行的螺杆304,游标夹上设有移动板305,移动板上设有用于螺杆穿过的通孔;进一步的,螺杆的一端通过固定板303固定在侧伸出部上,螺杆固定可靠。

[0078] 螺杆上设有用于对移动板定位的一对螺帽,一对螺帽分别为螺帽 I306和螺帽 II 307,一对螺帽分别位于移动板的两侧,通过螺杆上的一对螺帽对移动板锁紧定位。游标夹上设有用于活动卡在主尺上的滑槽3021,滑槽的边缘设有刻度标识,游标夹移动稳定可靠,结构简单。

[0079] 本发明所提出的专用控制点布设在锚杆前端部前方不大于100m稳定可靠处,有利于全站仪自动照准功能正确区分左右侧双棱镜,近距离时高精度全站仪半测回盘左测量即可,简化了测量程序、加快了单次测量速率。

[0080] 本发明所提出的锚杆计算表格,无须具备编程基础,掌握常规EXCEL函数即可动手制作,室内在电脑上制作、室外在智能手机上应用,测量人员易于掌握使用,锚杆计算表格具有距离复核项,便于发现错误,使得每一次测量计算均正确可靠,结合全站仪自动照准测量,测量、计算可由一人同时完成,实现主测单人作业,减少一名测量人员投入。

[0081] 本发明考虑了大温差长杆件的钢结构热胀冷缩效应,依据安装时实测杆件表面温度与成桥设计温度之间的温差对锚杆设计长度施加温度改正,有利于减小锚杆前端部空间定位长度(X)方向偏差;锚杆长度(X)方向不能调整,本发明提出采用特征点的实测X值计算其理论的Y、Z值,将特征点Y、Z实测值与理论值较差,依据 $\Delta Y$ 、 $\Delta Z$ 对锚杆前端部进行调整控制,锚杆前端部安装允许偏差实用标准为: $-5\text{mm} \leq \Delta Y_{\text{右侧}} \leq 5\text{mm}$ 、 $-5\text{mm} \leq \Delta Y_{\text{左侧}} \leq 5\text{mm}$ 、 $-3\text{mm} \leq \Delta Y_{\text{右侧}} - \Delta Y_{\text{左侧}} \leq 3\text{mm}$ 、 $-5\text{mm} \leq \Delta Z_{\text{平均}} = (\Delta Z_{\text{右侧}} + \Delta Z_{\text{左侧}}) / 2 \leq 5\text{mm}$ ,使得锚杆中心线空间角度定位更加精确,更加有利于按照设计方向传递悬索桥主缆索股拉力,允许偏差实用标准既符合设计要求又贴合实际安装工况,对锚杆前端部左右两侧Y轴方向相对偏差给出了明确要求。

[0082] 本发明悬索桥型钢锚固系统锚杆前端部空间定位方法设计合理,提出了一种使用双磁吸式棱镜按照两点定位模式进行锚杆前端部空间定位;考虑了大温差长杆件的钢结构热胀冷缩效应,根据安装时锚杆表面实际温度与成桥设计温度之间的温差,对图纸锚杆设计长度施加温度修正得到理论长度,利用理论长度进行锚杆前端部特征点理论空间坐标计算;依据设计允许偏差要求,同时结合桥位现场锚杆安装实际工况,提出了锚杆前端部定位的安装允许偏差实用标准。采用的磁吸式棱镜结构,结合了人工司镜与粘贴反射片两种常规测量方式的优点,仅需测前测后安拆工装,锚杆调整过程中无须人工司镜,极大降低了司镜员的劳动强度与高空作业风险,棱镜较反射片测量精度高,可以使用高精度全站仪自动照准功能,加快了测量速率,夜间测量时无须对测量目标照明,高频率测量时极大减轻了主测人员的劳动强度。

[0083] 优选具体实例为:

[0084] 吸附底座由开关磁铁与连接头组成。开关磁铁为一长方体结构,其上设置有磁性开关,磁性开关按钮指向“关”时,则磁铁磁性消失,没有磁性,不能吸附在钢结构上;磁性开关按钮指向“开”时,则磁铁磁性产生,具有磁性,能够强力吸附在钢结构上;开关磁铁一表面中心位置设置有螺纹孔。连接头为一圆柱体结构,一端设置有标准卡槽,用于安装卡扣棱镜;另一端设置有螺纹(螺纹直径与开关磁铁表面中心的螺纹孔相匹配),用于与开关磁铁连接;连接头下部设置了一个贯穿销孔,在销孔中插入扳手可以将连接头螺纹与开关磁铁螺纹孔之间拧紧或松开。连接头螺纹拧紧状态下,连接头中心母线垂直于开关磁铁表面。

[0085] 卡扣棱镜由镜框、插入孔、卡扣按钮、旋转轴、反射棱镜、瞄准槽组成。反射棱镜顶部与底部均设置有瞄准槽,用于将反射棱镜对准全站仪视线方向;镜框底部设置有插入孔,

其孔径大小与连接头直径相匹配;反射棱镜通过旋转轴与镜框连接,反射棱镜既能够在镜框中绕旋转轴360度旋转,又能够克服自重影响在任意一个角度停置。

[0086] 磁吸式棱镜由吸附底座与卡扣棱镜组成。按下卡扣按钮,将卡扣棱镜插入孔对准吸附底座的连接头插入到底,松开卡扣按钮,即将卡扣棱镜与吸附底座牢固连接;卡扣棱镜可绕连接头360度旋转,按下卡扣按钮,可自由转动卡扣棱镜,松开卡扣按钮后,镜框可锁定在某一方位;绕连接头转动卡扣棱镜,使得镜框对准全站仪所在方位,再绕卡扣棱镜旋转轴转动反射棱镜,使得反射棱镜对准全站仪视线方向,即完成了磁吸式棱镜向全站仪视线方向转动对位。

[0087] 主尺由主尺本体、支撑耳板、固定夹板与限位耳板组成。主尺为L形直角尺,尺身上带有刻度;固定夹板为长方形形状,其尺寸大小与开关磁铁接触面尺寸相匹配,在长方形中线部位与主尺连接,且所在平面与带刻度尺身垂直;支撑耳板、限位耳板均为长方形,与固定夹板为同一材质加工在同一平面后,各自弯折为直角。

[0088] 游标夹由游标、活动夹板和移动板组成。游标上部是滑槽,中部连接有移动板,下部连接有活动夹板。滑槽上标有刻度,与主尺配合可读至0.1mm,读数原理同游标卡尺;移动板上设置有螺杆孔,其孔径大小与螺杆直径相匹配;活动夹板为长方形形状,其尺寸大小与开关磁铁接触面尺寸相匹配,在长方形中线部位与游标连接,且所在平面与滑槽垂直;活动夹板上的支撑耳板和限位耳板均为长方形,耳板与固定夹板为同一材质加工在同一平面后,各自弯折为直角。

[0089] 松紧螺杆由固定板、螺杆和双螺帽组成。螺杆上带有螺纹,螺杆一端与固定板连接,螺帽I、螺帽II在螺杆上通过螺纹移动。

[0090] 平行定位夹尺由主尺、游标夹和松紧螺杆组成。松紧螺杆的固定板与主尺的主尺L形尺身连接固定;松紧螺杆的螺杆穿过游标夹移动板上的螺杆孔,螺帽I、螺帽II分布在移动板两侧,螺帽I旋出、螺帽II旋入夹紧移动板,即可将游标夹固定在主尺上某一位置。

[0091] 以某一悬索桥右幅型钢锚固系统编号为7-3#(后锚梁序号为7、锚杆序号为3)的锚杆前端部安装定位为实施例,该方法具体定位流程为:

[0092] 第一步,编制锚杆前端部特征点空间位置偏差计算表格(简称锚杆计算表格):在电脑上使用Excel制作锚杆前端部特征点空间位置偏差锚杆计算表格,搭载到智能手机上方便在现场使用此锚杆计算表格。左右幅、后锚梁序号、锚杆序号、锚杆表面温度、尺量左右间距、右侧(左侧)磁吸式棱镜中心实测桥轴空间坐标 $X_Q$ 、 $Y_Q$ 、 $H$ 共11个字段为锚杆计算表格的输入信息,棱镜中心高、横宽、竖长3个字段为磁吸式棱镜已知参数(本实施例已知参数分别为棱镜中心高93.7mm(开关磁铁纵高35mm+棱镜中心至开关磁铁顶面距离58.7mm)、横宽30mm、竖长35.4mm),其余字段为计算显示信息。

左右幅	后锚梁序号	锚杆序号	锚杆表面温度℃
右幅	7	3	8
工装参数 (mm)			
尺量左右间距	棱镜中心高	横宽	竖长
240.2	93.7	30	35.4
磁吸式棱镜中心	实测桥轴空间坐标 (m)		
	X <sub>q</sub>	Y <sub>q</sub>	H
右侧	3879.8032	15.8786	28.3217
左侧	3879.8217	16.0878	28.3283
磁吸式棱镜中心	以实测X定理YZ (mm)		
	ΔY	ΔZ	左右棱镜中心间距校核
右侧	-7.1	13.1	
左侧	-13.7	13.1	210.1
平均	-10.5	13.1	-0.1
工装中点	实测空间坐标 (m)		
	X <sub>q</sub> /X	Y <sub>q</sub> /X	H/Z
桥轴	3879.8125	15.9832	28.3250
局部	21.0917	-1.9129	-2.1332
特征点位置	与设计局部空间坐标较差 (mm)		
	ΔX	ΔY	ΔZ
工装中点	10.9	-11.5	12.1

[0093] 表2-锚杆计算表格(第一次测量数据)

[0094] 第二步,布设锚杆测量专用控制点、安置全站仪建站:在锚固系统锚杆前端部的前方一定距离(不大于100m,有利于全站仪自动照准功能正确区分双棱镜、提高测量精度)稳定处理设专用控制点K1(采用强制对中墩形式),利用周边稳定可靠首级控制点同等级内插加密该专用控制点K1桥轴空间坐标为(3895.4893,-0.1263,30.8562);在该专用控制点K1上安置全站仪,后视远处第二个已知控制点K2(桥轴空间坐标为(3550.6375,193.9017,70.069))进行设站定向,开始测量前需要检查附近的第三个已知控制点K3(桥轴空间坐标为(3882.7243,-30.5554,24.4072))。

[0095] 第三步,在锚杆上表面前端部标记端头基准线:吊装前,右幅7-3#锚杆存放在施工现场水平台座上,在该锚杆前端部上表面左侧端部向内移动一定距离(可采用开关磁铁纵高方向尺寸35mm)处做一左侧标识点,在该锚杆前端部上表面右侧端部向内移动相同距离(可采用开关磁铁纵高方向尺寸35mm)处做一右侧标识点,使用直尺连接左右标识点,利用刀片或锯条沿直尺线在该锚杆上表面刻划左右两侧端头基准线(端头基准线为刻划线便于长时间保存),左右两侧端头基准线长度不需要贯通,单侧端头基准线长度稍大于开关磁铁横向宽度30mm即可(左右两侧端头基准线不贯通可减少锚杆表面的无效刻痕)。

[0096] 第四步,测量锚杆表面温度:司镜员使用测温枪测量右幅7-3#锚杆前端部表面温度为8℃,通过对讲机报送给主测人员记录并输入到锚杆计算表格“锚杆表面温度”字段处

(锚杆表面实测温度与成桥设计温度(本实施例为 $16^{\circ}\text{C}$ )的温差 $\Delta t = -8^{\circ}\text{C}$ ,右幅7-3#锚杆图纸设计长度为 $L = 23.088\text{m}$ ,施加温度改正后其理论长度为 $L + 1.2 \times 10^{-5} \times \Delta t \times L = 23.0858\text{m}$ ,以理论长度代替图纸设计长度作为已知参数进行锚杆前端部理论空间位置计算,该锚杆底部至磁吸式棱镜中心的理论长度为 $23.0858 + 0.0937 - 0.035 = 23.1445\text{m}$ ,右侧与左侧两磁吸式棱镜中心连线的中点称为双磁吸式棱镜工装中点(简称工装中点),右幅7-3#锚杆前端部工装中点的设计局部坐标为(21.0808, -1.9014, -2.1453))。

[0098] 第五步,沿左右侧端头基准线安装双磁吸式棱镜并将反射棱镜对准全站仪视线方向:右幅7-3#锚杆吊装完成后,该锚杆被倾斜放置于钢支架上,司镜员在做好安全措施的情况下到达该锚杆前端部安装左右侧双磁吸式棱镜,左(右)侧磁吸式棱镜开关磁铁侧边缘与该锚杆上表面左(右)侧面对齐,左(右)侧磁吸式棱镜开关磁铁后边缘与该锚杆上表面左(右)侧端头基准线对齐;按下左(右)侧磁吸式棱镜卡扣按钮,绕接头转动卡扣棱镜,使得镜框对准全站仪所在方位,再绕卡扣棱镜旋转轴转动反射棱镜,使得反射棱镜对准全站仪视线方向;另外,司镜人员将该待调锚杆的编号信息(“左右幅”为右幅、“后锚梁序号”为7、“锚杆序号”为3)通过对讲机报给主测人员记录并输入到锚杆计算表格对应字段处(见表2)。

[0099] 第六步,利用平行定位夹尺使双磁吸式棱镜互相平行并读取读数:移动平行定位夹尺的游标夹,使平行定位夹尺的开口宽度稍大于右幅7-3#锚杆上表面的宽度,让主尺的固定夹板与该锚杆上表面的左侧面紧密接触,固定夹板上的限位耳板沿开关磁铁表面支撑于该锚杆上表面,固定夹板上的支撑耳板支撑于开关磁铁磁性开关所在表面;旋松螺帽I、旋紧螺帽II,移动游标夹夹紧该锚杆上表面,使得活动夹板与该锚杆上表面右侧面紧密接触,活动夹板上的限位耳板沿开关磁铁表面支撑于该锚杆上表面,活动夹板上的支撑耳板支撑于开关磁铁磁性开关所在表面;平行定位夹尺安置完成后,使得左侧开关磁铁左侧面与固定夹板密贴、右侧开关磁铁右侧面与活动夹板密贴,这样就将左右两个磁吸式棱镜安置平行了,读取平行定位夹尺的读数为 $240.2\text{mm}$ (读至 $0.1\text{mm}$ ,减去一个开关磁铁横向宽度 $30\text{mm}$ 即是两个磁吸式棱镜中心间距),并将读数通过对讲机报送给主测人员记录输入到锚杆计算表格“尺量左右间距”字段处(见表2)。此时司镜员完成单根锚杆的高空作业工作,可以离开该待调锚杆前端部,回归正常安全状态。

[0100] 第七步,第一次测量双磁吸式棱镜空间坐标、计算锚杆前端部空间位置偏差(见表2):利用在专用控制点K1上已安置的全站仪第一次测量(距离近,高精度全站仪半测回盘左测量即可,简化了测量程序、加快了单次测量速率)右幅7-3#锚杆前端部右侧、左侧磁吸式棱镜桥轴空间坐标(精确到 $0.1\text{mm}$ ),右侧磁吸式棱镜桥轴空间坐标为(3879.8032, 15.8786, 28.3217),左侧磁吸式棱镜桥轴空间坐标为(3879.8217, 16.0878, 28.3283),将坐标值输入到锚杆计算表格对应字段“实测桥轴空间坐标(m)”中,双磁吸式棱镜空间坐标输入完成后,锚杆计算表格自动完成计算显示当前锚杆空间位置偏差(“左右棱镜中心间距校核”、“以实测X定理YZ(mm)”及“与设计局部空间坐标较差(mm)”相应字段)(见表2)。“左右棱镜中心间距校核”为 $-0.1\text{mm}$ ,不大于 $1\text{mm}$ ,说明双磁吸式棱镜安置平行、双磁吸式棱镜棱镜中心空间坐标本次测量与输入无误,本次测量正确可靠,可以使用。将工装中点的实测桥轴空间坐标(3879.8125, 15.9832, 28.3250)转化为局部空间坐标(21.0917, -1.9129, -2.1332)(方便调整锚杆在Y、Z两个方向偏差),并与该锚杆前端部设计局部空间坐标较差计算为 $\Delta X =$

10.9mm、 $\Delta Y = -11.5\text{mm}$ 、 $\Delta Z = 12.1\text{mm}$ ，设计允许偏差 $-10\text{mm} \leq \Delta X \leq 10\text{mm}$ 、 $-5\text{mm} \leq \Delta Y \leq 5\text{mm}$ 、 $-5\text{mm} \leq \Delta Z \leq 5\text{mm}$ ，不满足要求需要调整。

[0101] 第八步，依据第一次测量得到的锚杆前端部空间位置偏差调整锚杆：因锚固系统制造误差与安装误差的累积，桥位现场安装时，该锚杆前端部在局部空间坐标系X轴方向偏差 $\Delta X = 10.9\text{mm}$ 稍大于10mm，又锚杆长度方向即X轴方向不可调整，为了使得锚杆中心线空间角度定位更加精确，采用特征点的实测X值计算其理论的Y、Z值，将特征点Y、Z实测值与理论值较差进行控制，对应计算表格“以实测X定理论YZ(mm)”中的“ $\Delta Y$ 、 $\Delta Z$ ”，得到 $\Delta Y_{\text{右侧}} = -7.1\text{mm}$ 、 $\Delta Y_{\text{左侧}} = -13.7\text{mm}$ 、 $\Delta Y_{\text{右侧}} - \Delta Y_{\text{左侧}} = 6.6\text{mm}$ 、 $\Delta Z_{\text{平均}} = (\Delta Z_{\text{右侧}} + \Delta Z_{\text{左侧}}) / 2 = 13.1\text{mm}$ （见表1）。经过分析判断（依据经验，锚杆在前支架处Y轴方向偏差绝对值比锚杆前端部略小），该锚杆前端部第一次调整措施为：依据 $\Delta Y_{\text{右侧}} = -7.1\text{mm}$ 、 $\Delta Y_{\text{左侧}} = -13.7\text{mm}$ ，指导作业人员在锚杆与前支架接触面处右侧增加5mm垫片、左侧增加10mm垫片；依据 $\Delta Z_{\text{平均}} = 13.1\text{mm}$ ，在前支架处指导作业人员横桥向向Z轴负方向顶推13mm后固定。

[0102] 第九步，第二次测量双磁吸式棱镜空间坐标、计算锚杆前端部空间位置偏差（见表3）：第一次锚杆前端部调整工作完成后，利用在专用控制点K1上已安置的全站仪第二次测量右幅7-3#锚杆前端部右侧、左侧磁吸式棱镜桥轴空间坐标（精确到0.1mm），右侧磁吸式棱镜桥轴空间坐标为(3879.7972, 15.8920, 28.3293)，左侧磁吸式棱镜桥轴空间坐标为(3879.8150, 16.1011, 28.3366)，将坐标值输入到锚杆计算表格对应字段“实测桥轴空间坐标(m)”中，双磁吸式棱镜空间坐标输入完成后，锚杆计算表格自动完成计算显示当前锚杆空间位置偏差（“左右棱镜中心间距校核”、“以实测X定理论YZ(mm)”及“与设计局部空间坐标较差(mm)”相应字段）（见表3）。“左右棱镜中心间距校核”为-0.2mm，不大于1mm，说明双磁吸式棱镜安置平行、双磁吸式棱镜棱镜中心空间坐标本次测量与输入无误，本次测量正确可靠，可以使用。采用特征点的实测X值计算其理论的Y、Z值，将特征点Y、Z实测值与理论值较差，得到

[0103]  $\Delta Y_{\text{右侧}} = 2.5\text{mm} < 5\text{mm}$ 、 $-5\text{mm} < \Delta Y_{\text{左侧}} = -3\text{mm} < 5\text{mm}$ 、 $\Delta Y_{\text{右侧}} - \Delta Y_{\text{左侧}} = 5.5\text{mm} >$

[0104]  $3\text{mm}$ 、 $-5\text{mm} < \Delta Z_{\text{平均}} = -0.3\text{mm} < 5\text{mm}$ ，不满足定位允许偏差的实用标准，需要继续调整。

左右幅	后锚梁序号	锚杆序号	锚杆表面温度℃	
右幅	7	3	8	
工装参数 (mm)				
尺量左右间距	棱镜中心高	横宽	竖长	
240.2	93.7	30	35.4	
磁吸式棱镜中心	实测桥轴空间坐标 (m)			
	X <sub>q</sub>	Y <sub>q</sub>	H	
右侧	3879.7972	15.8920	28.3293	
左侧	3879.8150	16.1011	28.3366	
磁吸式棱镜中心	以实测X定理论YZ (mm)			
	ΔY	ΔZ	左右棱镜中心间距校核	
右侧	2.5	-0.3		
左侧	-3	-0.2		210
平均	-0.2	-0.3		-0.2
工装中点	实测空间坐标 (m)			
	X <sub>q</sub> /X	Y <sub>q</sub> /X	H/Z	
桥轴	3879.8061	15.9966	28.3330	
局部	21.0916	-1.9026	-2.1466	
特征点位置	与设计局部空间坐标较差 (mm)			
	ΔX	ΔY	ΔZ	
工装中点	10.8	-1.2	-1.3	

[0105] 表3-锚杆计算表格(第二次测量数据)

[0106] 第十步,依据第二次测量得到的锚杆前端部空间位置偏差调整锚杆:经过分析判断(依据经验,锚杆在前支架处Y轴方向偏差绝对值比锚杆前端部略小),锚杆前端部第二次调整措施为指导作业人员在锚杆与前支架接触面处左侧增加4mm垫片、右侧不做调整,横桥向(Z轴)不做调整。

[0107] 第十一步,第三次测量双磁吸式棱镜空间坐标、计算锚杆前端部空间位置偏差(见表4):第二次锚杆前端部调整工作完成后,利用在专用控制点K1上已安置的全站仪第三次测量右幅7-3#锚杆前端部右侧、左侧磁吸式棱镜桥轴空间坐标(精确到0.1mm),右侧磁吸式棱镜桥轴空间坐标为(3879.7970,15.8902,28.3280),左侧磁吸式棱镜桥轴空间坐标为(3879.8129,16.0991,28.3408),将坐标值输入到锚杆计算表格对应字段“实测桥轴空间坐标(m)”中,双磁吸式棱镜空间坐标输入完成后,锚杆计算表格自动完成计算显示当前锚杆空间位置偏差(“左右棱镜中心间距校核”、“以实测X定理论YZ(mm)”及“与设计局部空间坐标较差(mm)”相应字段)(见表4)。“左右棱镜中心间距校核”为-0.3mm,不大于1mm,说明双磁吸式棱镜安置平行、双磁吸式棱镜棱镜中心空间坐标本次测量与输入无误,本次测量正确可靠,可以使用。采用特征点的实测X值计算其理论的Y、Z值,将特征点Y、Z实测值与理论值较差,得到 $\Delta Y_{\text{右侧}} = 1.7\text{mm} < 5\text{mm}$ 、 $\Delta Y_{\text{左侧}} = 1.5\text{mm} < 5\text{mm}$ 、 $\Delta Y_{\text{右侧}} - \Delta Y_{\text{左侧}} = 0.2\text{mm} < 3\text{mm}$ 、 $\Delta Z_{\text{平均}} = 1.6\text{mm} < 5\text{mm}$ ,满足安装允许偏差实用标准,右幅7-3#锚杆定位完成,进入下一根待调锚杆前

端部的空间定位。

	左右幅	后锚梁序号	锚杆序号	锚杆表面温度℃
	右幅	7	3	8
	工装参数 (mm)			
	尺寸左右间距	棱镜中心高	横宽	竖长
	240.2	93.7	30	35.4
	磁吸式棱镜中心 实测桥轴空间坐标 (m)			
		X <sub>q</sub>	Y <sub>q</sub>	H
	右侧	3879.7970	15.8902	28.3280
	左侧	3879.8129	16.0991	28.3408
	磁吸式棱镜中心 以实测X定理论YZ (mm)			
[0109]		ΔY	ΔZ	左右棱镜中心间距校核
	右侧	1.7	1.6	
	左侧	1.5	1.7	209.9
	平均	1.6	1.6	-0.3
	工装中点 实测空间坐标 (m)			
		X <sub>q</sub> /X	Y <sub>q</sub> /X	H/Z
	桥轴	3879.805	15.9947	28.3344
	局部	21.0916	-1.9008	-2.1447
	特征点位置 与设计局部空间坐标较差 (mm)			
		ΔX	ΔY	ΔZ
	工装中点	10.8	0.6	0.6

[0110] 表4-锚杆计算表格(第三次测量数据)

[0111] 上面结合附图对本发明进行了示例性描述,显然本发明具体实现并不受上述方式的限制,只要采用了本发明的构思和技术方案进行的各种非实质性的改进,或未经改进将本发明的构思和技术方案直接应用于其它场合的,均在本发明的保护范围之内。

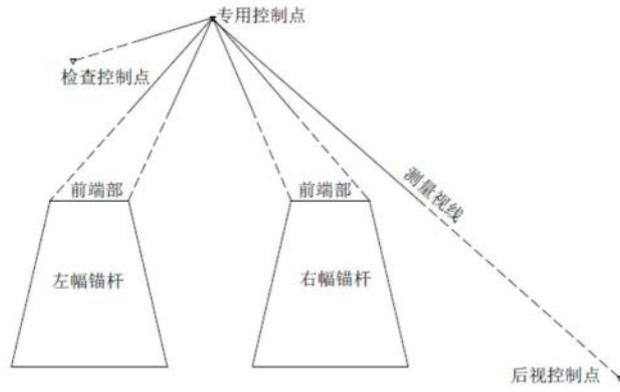


图1

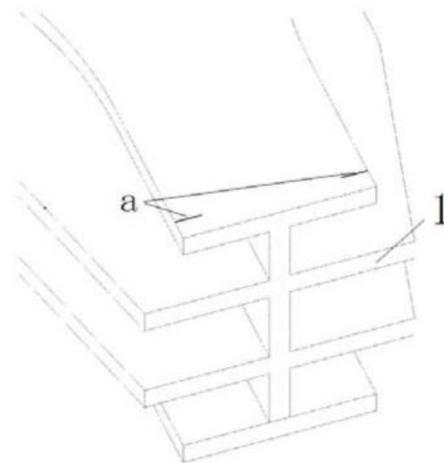


图2

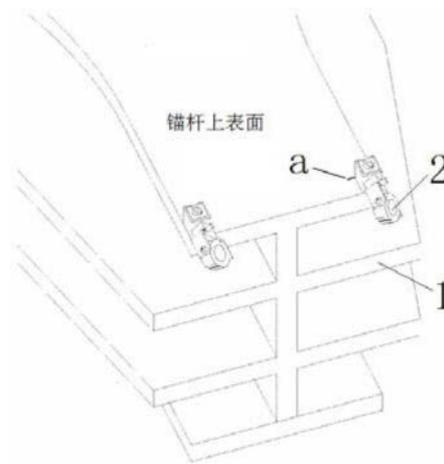


图3

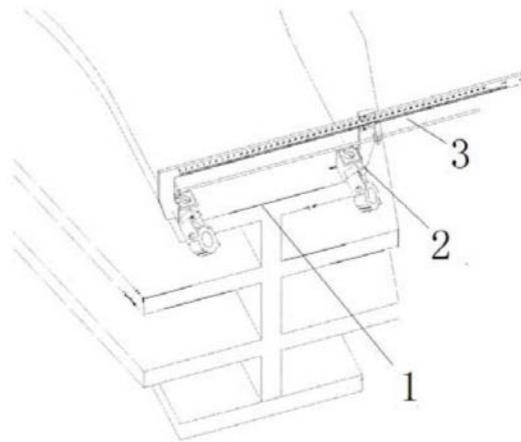


图4

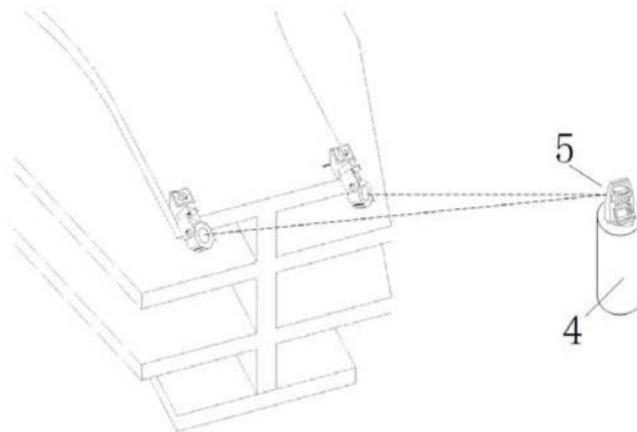


图5

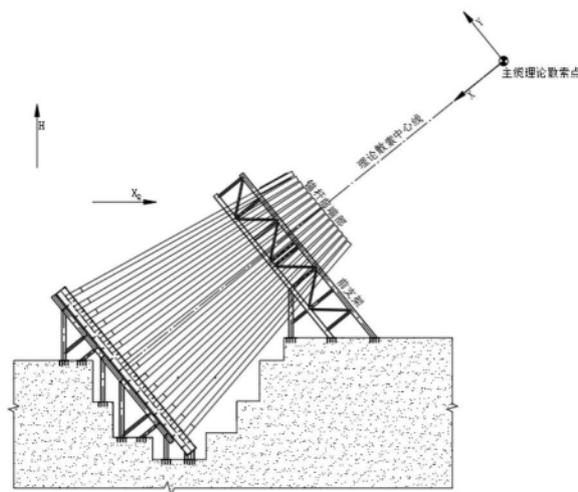


图6

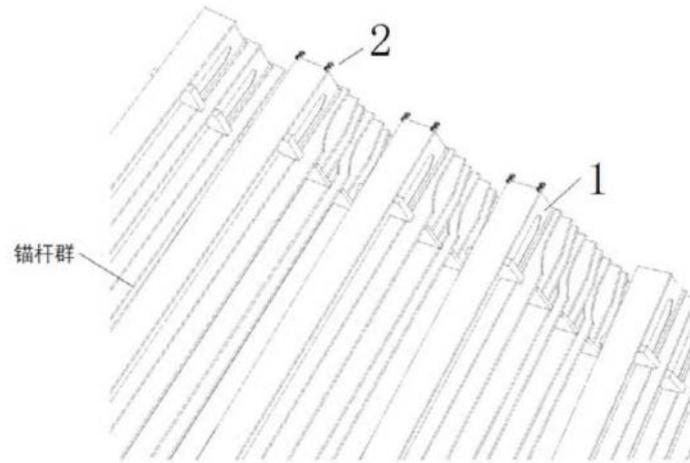


图7

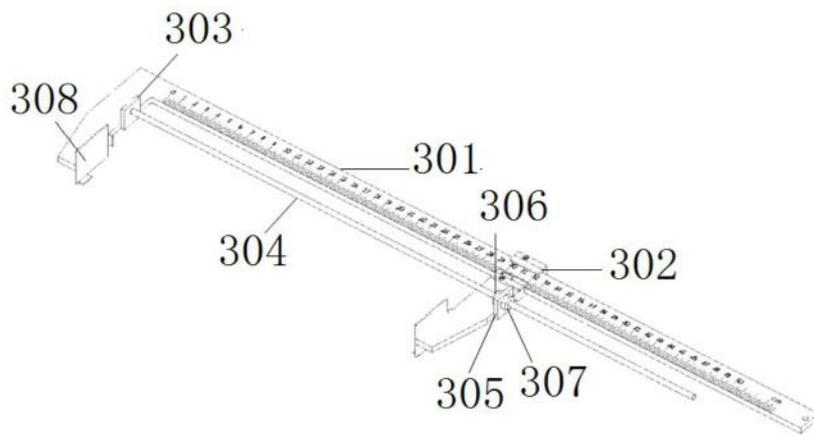


图8

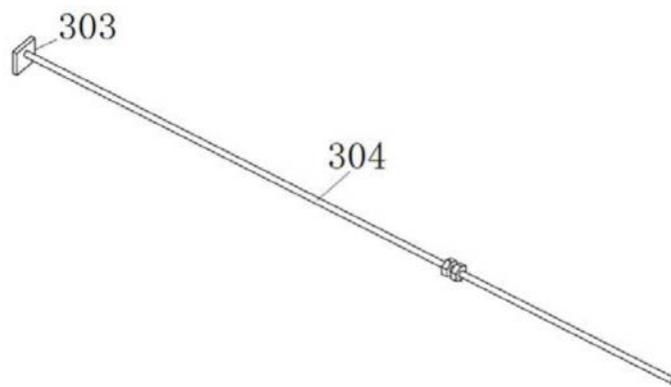


图9

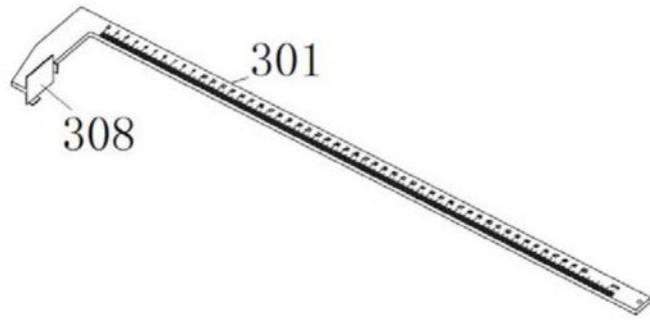


图10

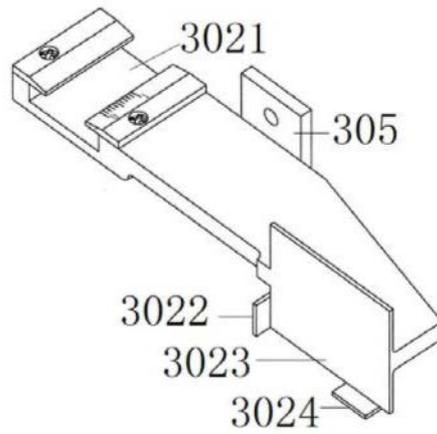


图11

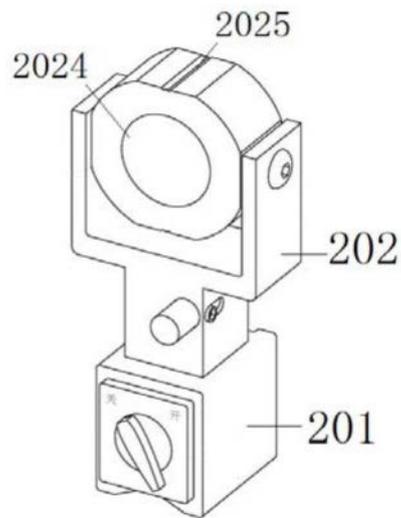


图12

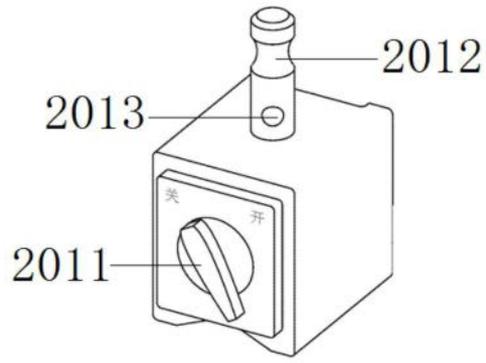


图13

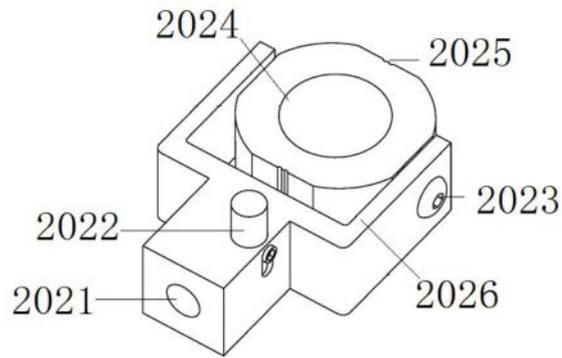


图14