



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 117989986 B

(45) 授权公告日 2024.07.05

(21) 申请号 202410406161.4

(22) 申请日 2024.04.07

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 117989986 A

(43) 申请公布日 2024.05.07

(73) 专利权人 佛山市公路桥梁工程监测站有限公司

地址 528313 广东省佛山市顺德区陈村镇
绀现村佛陈路绀现村路段88号1号楼

专利权人 中铁大桥局集团有限公司
中铁大桥科学研究院有限公司

(72) 发明人 邱云 吴湛 陈锐 王良波 李明
许钊源 覃广 蒋武谊 黄焕子
钟继卫 毛伟琦 孙鹤鸣 王亚飞
程康宁 杨宇 李成 姜玉印

刘阳 童逸阳 梅晓腾 李瑞昌

(74) 专利代理机构 广州三环专利商标代理有限公司 44202

专利代理师 李素兰

(51) Int.Cl.

G01B 11/02 (2006.01)

G01J 1/42 (2006.01)

G06V 10/98 (2022.01)

G06F 17/10 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 107292927 A, 2017.10.24

CN 115861444 A, 2023.03.28

审查员 黄莉

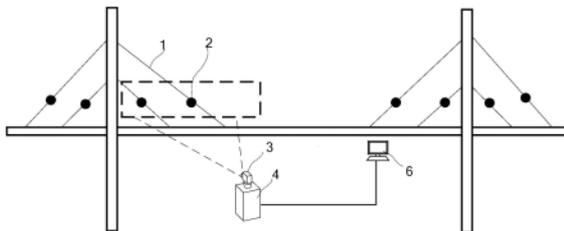
权利要求书2页 说明书9页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于组合视觉靶标的拉索动态位移监测方法及系统

(57) 摘要

本申请涉及桥梁健康监测技术领域,公开一种基于组合视觉靶标的拉索动态位移监测方法及系统,在桥梁的拉索上设置组合视觉靶标,视觉靶标包括逆反射标志靶标、红外LED靶标;方法包括:评估环境光是否充足,环境光不足时,获取拉索上逆反射标志靶标和红外LED靶标的成像;评估组合视觉靶标的局部成像质量,以得到逆反射标志靶标和红外LED靶标的成像质量评估指标;获取逆反射标志靶标和红外LED靶标的位移计算值;进行融合以得到组合视觉靶标的位移,作为拉索位移。环境光充足时,获取逆反射标志靶标的位移作为拉索位移。本申请将多种视觉靶标的成像质量和位移计算值进行融合以得到拉索的位移,有效提升拉索动态位移监测的连续性及测量精度,光照鲁棒性好。



1. 一种基于组合视觉靶标的拉索动态位移监测方法,其特征在于,在桥梁的拉索(1)上设置多种视觉靶标(2)以形成组合视觉靶标,所述视觉靶标(2)至少包括逆反射标志靶标(21)、红外LED靶标(22);

所述方法包括以下步骤:

评估环境光是否充足;

当所述环境光不足时,获取所述拉索(1)上逆反射标志靶标(21)的成像和红外LED靶标(22)的成像;

评估所述组合视觉靶标的局部成像质量,以得到所述逆反射标志靶标(21)的成像质量评估指标 Q 和所述红外LED靶标(22)的成像质量评估指标 U ;

获取所述逆反射标志靶标(21)的位移计算值 Δd_{corner} 和所述红外LED靶标(22)的位移计算值 Δd_{circle} ;

进行融合以得到所述组合视觉靶标的位移 Δd_{fused} ,作为所述拉索(1)的位移;

$$\text{计算公式为: } \Delta d_{fused} = \frac{\Delta d_{corner} \times Q + \Delta d_{circle} \times U}{Q + U};$$

当所述环境光充足时,获取所述拉索(1)上逆反射标志靶标(21)的位移,作为所述拉索(1)的位移;

所述评估所述组合视觉靶标的局部成像质量,以得到所述逆反射标志靶标(21)的成像质量评估指标 Q 和所述红外LED靶标(22)的成像质量评估指标 U 包括:

所述逆反射标志靶标(21)的成像质量评估指标 Q 定义为所述逆反射标志靶标(21)的角点特征质量评估指标;

$$\text{计算公式为: } Q = \frac{R_{meau}}{R_{ref}};$$

其中, R_{meau} 为ROI区域角点响应实测值; R_{ref} 为ROI区域角点响应参考值;

所述ROI区域角点响应参考值 R_{ref} 为参考时间段的ROI区域角点响应 R 的均值,获取所述ROI区域角点响应 R 的步骤包括:

建立所述ROI区域 Ω 灰度变化特征矩阵 M ;

$$M \text{ 表示为: } M = \sum_{(x_i, y_i) \in \Omega} \begin{bmatrix} I_x^2(x_i, y_i) & I_x(x_i, y_i)I_y(x_i, y_i) \\ I_x(x_i, y_i)I_y(x_i, y_i) & I_y^2(x_i, y_i) \end{bmatrix};$$

其中, $I_x(x_i, y_i)$ 为不同位置的像素在 x 方向的ROI区域 Ω 灰度梯度, $I_y(x_i, y_i)$ 为不同位置的像素在 y 方向的ROI区域 Ω 灰度梯度;

计算 M 的特征值 λ_1 和 λ_2 ,以得到所述ROI区域 Ω 角点响应 R ;

$$\text{计算公式为: } R = \sqrt{\lambda_1 \lambda_2};$$

所述红外LED靶标(22)的成像质量评估指标 U 定义为光斑边缘灰度均匀性;

$$\text{计算公式为: } U = 1 - \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}};$$

其中, I_{\max} 为光斑边缘像素带 Ψ 的像素灰度最大值; I_{\min} 为光斑边缘像素带 Ψ 的像素灰度最小值。

2. 如权利要求1所述的基于组合视觉靶标的拉索动态位移监测方法, 其特征在于, 所述视觉靶标(2)还包括光敏电阻(24), 根据所述光敏电阻(24)的电阻值 R_L 评估所述环境光是否充足, 并进行环境光不足或充足的自动切换控制。

3. 如权利要求1所述的基于组合视觉靶标的拉索动态位移监测方法, 其特征在于, 设置变焦摄像头(3)以获取所述拉索(1)上逆反射标志靶标(21)的成像和红外LED靶标(22)的成像, 所述变焦摄像头(3)的视野覆盖所述组合视觉靶标。

4. 如权利要求3所述的基于组合视觉靶标的拉索动态位移监测方法, 其特征在于, 获取所述拉索(1)上逆反射标志靶标(21)的成像和红外LED靶标(22)的成像包括:

识别所述拉索(1)上逆反射标志靶标(21)的位置和大小;

所述变焦摄像头(3)的视野中心调节至指定所述视觉靶标(2), 以得到所述拉索(1)上逆反射标志靶标(21)的成像和红外LED靶标(22)的成像。

5. 一种基于组合视觉靶标的拉索动态位移监测系统, 应用如权利要求1-4任一所述的基于组合视觉靶标的拉索动态位移监测方法, 其特征在于, 其包括:

多种视觉靶标(2), 设于桥梁的拉索(1)上以形成组合视觉靶标, 所述视觉靶标(2)至少包括逆反射标志靶标(21)、红外LED靶标(22);

变焦摄像头(3), 被配置为: 获取所述拉索(1)上逆反射标志靶标(21)的成像和红外LED靶标(22)的成像, 所述变焦摄像头(3)的视野覆盖所述组合视觉靶标;

成像质量评估模块, 被配置为: 评估所述组合视觉靶标的局部成像质量, 以得到所述逆反射标志靶标(21)的成像质量评估指标 Q 和所述红外LED靶标(22)的成像质量评估指标 U ;

位移计算模块, 被配置为: 获取所述逆反射标志靶标(21)的位移计算值 Δd_{corner} 和所述红外LED靶标(22)的位移计算值 Δd_{circle} ;

融合计算模块, 被配置为: 进行融合以得到所述组合视觉靶标的位移 Δd_{fused} , 作为所述拉索的位移;

$$\text{计算公式为: } \Delta d_{\text{fused}} = \frac{\Delta d_{\text{corner}} \times Q + \Delta d_{\text{circle}} \times U}{Q + U}。$$

6. 如权利要求5所述的基于组合视觉靶标的拉索动态位移监测系统, 其特征在于, 所述拉索(1)上设有靶标夹具(23), 所述靶标夹具(23)将所述组合视觉靶标与所述拉索(1)固定, 所述靶标夹具(23)具有两个相邻设置的表面, 所述逆反射标志靶标(21)设于一所述表面, 所述逆反射标志靶标(21)为多个二值编码逆反射标志; 所述红外LED靶标(22)设于另一所述表面, 所述红外LED靶标(22)为多个红外LED灯珠。

7. 如权利要求6所述的基于组合视觉靶标的拉索动态位移监测系统, 其特征在于, 所述视觉靶标(2)还包括用于评估环境光是否充足的光敏电阻(24), 所述光敏电阻(24)靠近所述逆反射标志靶标(21)设置。

8. 如权利要求5所述的基于组合视觉靶标的拉索动态位移监测系统, 其特征在于, 所述变焦摄像头(3)上设有红外灯板(5)。

一种基于组合视觉靶标的拉索动态位移监测方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及桥梁健康监测技术领域,具体涉及一种基于组合视觉靶标的拉索动态位移监测方法及系统。

背景技术

[0002] 拉索作为缆索承重桥梁的主要传力构件,其动态位移及衍生力学特征是该类桥梁服役期的重点监测内容。目前可用于拉索动态位移测量的技术主要有加速度二次积分法、微波雷达测距法和机器视觉平面位移测量法。

[0003] 这三种技术中,加速度二次积分法依赖于在拉索测点位置安装加速度计,对于多根拉索监测需要大量的传感器安装和走线工作,且需要对加速度数据进行积分才能获得动位移,加速度的测量噪声引入的位移趋势项不可避免;微波雷达测距法中,微波雷达动位移精度高,且布置在合适的位置可以实现多根拉索动态位移的同时监测,但在不设置角反射靶标的前提下,所测动位移所属拉索截面难以分辨,且微波雷达价格较高,暂时没有大范围应用;机器视觉平面位移测量法中,依赖拉索边界边缘或角点特征即可估计拉索动态平面位移,造价较为便宜而应用较多,但其光照鲁棒性较差,如在日夜过渡期间,光照在短时间内会有明显变化,处于环境光充足与环境光不足的过渡状态,环境光不足时测量信噪比低,难以适应日夜更替带来的光照变化,仅适合短时间内拉索动态位移监测,不适合连续监测。

发明内容

[0004] 本申请提供一种基于组合视觉靶标的拉索动态位移监测方法及系统,解决相关技术中机器视觉平面位移测量法存在的自然视觉特征识别光照鲁棒性较差导致不适合连续监测的技术问题。

[0005] 第一方面,本申请实施例提供一种基于组合视觉靶标的拉索动态位移监测方法,在桥梁的拉索上设置多种视觉靶标以形成组合视觉靶标,所述视觉靶标至少包括逆反射标志靶标和红外LED靶标;

[0006] 所述方法包括以下步骤:

[0007] 评估环境光是否充足;

[0008] 当所述环境光不足时,获取所述拉索上逆反射标志靶标的成像和红外LED靶标的成像;

[0009] 评估所述组合视觉靶标的局部成像质量,以得到所述逆反射标志靶标的成像质量评估指标 Q 和所述红外LED靶标的成像质量评估指标 U ;

[0010] 获取所述逆反射标志靶标的位移计算值 Δd_{corner} 和所述红外LED靶标的位移计算值 Δd_{circle} ;

[0011] 进行融合以得到所述组合视觉靶标的位移 Δd_{fused} ,作为所述拉索的位移;

[0012] 计算公式为： $\Delta d_{fused} = \frac{\Delta d_{corner} \times Q + \Delta d_{circle} \times U}{Q + U}$ ；

[0013] 当环境光充足时，获取所述拉索上逆反射标志靶标的位移，作为所述拉索的位移。

[0014] 结合第一方面，在一种实施方式中，所述视觉靶标还包括光敏电阻，根据所述光敏电阻的电阻值 R_L 评估所述环境光是否充足，并进行环境光不足或充足的自动切换控制。

[0015] 结合第一方面，在一种实施方式中，设置变焦摄像头以获取所述拉索上逆反射标志靶标的成像和红外LED靶标的成像，所述变焦摄像头的视野覆盖所述组合视觉靶标。

[0016] 结合第一方面，在一种实施方式中，获取所述拉索上逆反射标志靶标的成像和红外LED靶标的成像包括：

[0017] 识别所述拉索上逆反射标志靶标的位置和大小；

[0018] 所述变焦摄像头的视野中心调节至指定所述视觉靶标，以得到所述拉索上逆反射标志靶标的成像和红外LED靶标的成像。

[0019] 结合第一方面，在一种实施方式中，所述评估所述组合视觉靶标的局部成像质量，以得到所述逆反射标志靶标的成像质量评估指标 Q 和所述红外LED靶标的成像质量评估指标 U 包括：

[0020] 所述逆反射标志靶标的成像质量评估指标 Q 定义为所述逆反射标志靶标的角点特征质量评估指标；

[0021] 计算公式为： $Q = \frac{R_{meau}}{R_{ref}}$ ；

[0022] 其中， R_{meau} 为ROI区域角点响应实测值； R_{ref} 为ROI区域角点响应参考值；

[0023] 所述红外LED靶标的成像质量评估指标 U 定义为光斑边缘灰度均匀性；

[0024] 计算公式为： $U = 1 - \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}}$ ；

[0025] 其中， I_{max} 为光斑边缘像素带 Ψ 的像素灰度最大值； I_{min} 为光斑边缘像素带 Ψ 的像素灰度最小值。

[0026] 结合第一方面，在一种实施方式中，所述ROI区域角点响应参考值 R_{ref} 为参考时间段的ROI区域角点响应 R 的均值，获取所述ROI区域角点响应 R 的步骤包括：

[0027] 建立所述ROI区域 Ω 灰度变化特征矩阵 M ；

[0028] M 表示为： $M = \sum_{(x_i, y_i)} \begin{bmatrix} I_x^2(x_i, y_i) & I_x(x_i, y_i) I_y(x_i, y_i) \\ I_x(x_i, y_i) I_y(x_i, y_i) & I_y^2(x_i, y_i) \end{bmatrix}$ ；

[0029] 其中， $I_x(x_i, y_i)$ 为不同位置的像素在 x 方向的ROI区域 Ω 灰度梯度， $I_y(x_i, y_i)$ 为不同位置的像素在 y 方向的ROI区域 Ω 灰度梯度；

[0030] 计算 M 的特征值 λ_1 和 λ_2 ，以得到所述ROI区域 Ω 角点响应 R ；

[0031] 计算公式为： $R = \sqrt{\lambda_1 \lambda_2}$ 。

[0032] 第二方面，本申请实施例还提供一种基于组合视觉靶标的拉索动态位移监测系统，其包括：

[0033] 多种视觉靶标,设于桥梁的拉索上以形成组合视觉靶标,所述视觉靶标至少包括逆反射标志靶标和红外LED靶标;

[0034] 变焦摄像头,被配置为:获取所述拉索上逆反射标志靶标的成像和红外LED靶标的成像,所述变焦摄像头的视野覆盖所述组合视觉靶标;

[0035] 成像质量评估模块,被配置为:评估所述组合视觉靶标的局部成像质量,以得到所述逆反射标志靶标的成像质量评估指标 Q 和所述红外LED靶标的成像质量评估指标 U ;

[0036] 位移计算模块,被配置为:获取所述逆反射标志靶标的位移计算值 Δd_{corner} 和所述红外LED靶标的位移计算值 Δd_{circle} ;

[0037] 融合计算模块,被配置为:进行融合以得到所述组合视觉靶标的位移 Δd_{fused} ,作为所述拉索的位移;

[0038] 计算公式为:
$$\Delta d_{fused} = \frac{\Delta d_{corner} \times Q + \Delta d_{circle} \times U}{Q + U}。$$

[0039] 结合第二方面,在一种实施方式中,所述拉索上设有靶标夹具,所述靶标夹具将所述组合视觉靶标与所述拉索固定,所述靶标夹具具有两个相邻设置的表面,所述逆反射标志靶标设于一所述表面,所述逆反射标志靶标为多个二值编码逆反射标志;所述红外LED靶标设于另一所述表面,所述红外LED靶标为多个红外LED灯珠。

[0040] 结合第二方面,在一种实施方式中,所述视觉靶标还包括用于评估环境光是否充足的光敏电阻,所述光敏电阻靠近所述逆反射标志靶标设置。

[0041] 结合第二方面,在一种实施方式中,所述变焦摄像头上设有红外灯板。

[0042] 本申请实施例提供的技术方案带来的有益效果包括:

[0043] 本申请提供一种基于组合视觉靶标的拉索动态位移监测方法,首先设置有多种视觉靶标以形成组合视觉靶标,根据桥梁现场光照条件及日夜更替情况进行最优视觉靶标定位选择,无论环境光充足或不足都能保证成像质量;其次,评估环境光是否充足,便于根据环境光的不同模式进行自动切换,当环境光充足时,仅通过逆反射标志靶标确定拉索位移;当环境光不足时,红外LED靶标同步作为组合视觉靶标,在同等观测距离下提供更好的信噪比;再者,将多种视觉靶标的成像质量和位移计算值进行融合以得到拉索的位移,使得动态位移计算结果满足连续采集的要求,有效提升拉索动态位移监测的连续性及测量精度,光照鲁棒性好。

附图说明

[0044] 为了更清楚地说明本申请实施例中的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0045] 图1为本发明一实施例中基于组合视觉靶标的拉索动态位移监测系统的布置示意图。

[0046] 图2为本发明一实施例中视觉靶标安装于拉索的结构示意图。

[0047] 图3为本发明一实施例中视觉靶标的结构示意图。

[0048] 图4为本发明一实施例中角点靶标和圆点靶标的对比图。

[0049] 图5为本发明一实施例中变焦摄像头的结构示意图。

[0050] 图中:1、拉索;2、视觉靶标;21、逆反射标志靶标;22、红外LED靶标;23、靶标夹具;24、光敏电阻;3、变焦摄像头;4、转动云台;5、红外灯板;6、计算终端。

具体实施方式

[0051] 为了使本技术领域的人员更好地理解本申请方案,下面将结合本申请实施例中的附图,对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本申请保护的范围。

[0052] 本申请实施例提供了一种基于组合视觉靶标的拉索动态位移监测方法及系统,其能解决相关技术中机器视觉平面位移测量法存在的自然视觉特征识别光照鲁棒性较差导致不适合连续监测的技术问题。

[0053] 如图1至图3所示,其中,图1为本发明一实施例中基于组合视觉靶标的拉索动态位移监测系统的布置示意图。图2为本发明一实施例中视觉靶标安装于拉索的结构示意图。图3为本发明一实施例中视觉靶标的结构示意图。

[0054] 本实施例提供一种基于组合视觉靶标的拉索动态位移监测方法,在桥梁的拉索1上设置多种视觉靶标2以形成组合视觉靶标,视觉靶标2至少包括逆反射标志靶标21和红外LED靶标22;

[0055] 方法包括以下步骤:

[0056] 步骤S1、评估环境光是否充足;

[0057] 步骤S2、当环境光不足时,

[0058] 步骤S21、获取拉索1上逆反射标志靶标21的成像和红外LED靶标22的成像;

[0059] 步骤S22、评估组合视觉靶标的局部成像质量,以得到逆反射标志靶标21的成像质量评估指标 Q 和红外LED靶标22的成像质量评估指标 U ;

[0060] 在实施例中,组合靶标中的逆反射标志靶标21和红外LED靶标22分别处于拍摄图像的不同位置,因此,可在拍摄图像中提取感兴趣区域(ROI)以对各感兴趣区域(ROI)的对应部分进行分析,该ROI区域可以提前通过人为设置相机视野时人工选定。

[0061] 具体的,可在拍摄图像中提取两个局部图像(即ROI区域),其中一个局部图像中包含逆反射标志靶标21,另一个局部图像中包含红外LED靶标22。相应的,由于拉索位移不会太大,所以ROI区域在选定当前帧靶标位置后稍微向外拓展一部分像素区域即可。

[0062] 步骤S23、分别识别逆反射标志靶标21的成像和红外LED靶标22的成像,以获取逆反射标志靶标21的位移计算值 Δd_{corner} 和红外LED靶标22的位移计算值 Δd_{circle} ;

[0063] 步骤S24、进行融合以得到组合视觉靶标的位移 Δd_{fused} ,作为拉索1的位移;

[0064] 计算公式为:
$$\Delta d_{fused} = \frac{\Delta d_{corner} \times Q + \Delta d_{circle} \times U}{Q + U};$$

[0065] 步骤S3、当环境光充足时,获取拉索1上逆反射标志靶标21的成像,识别逆反射标志靶标21的成像以获取拉索1上逆反射标志靶标21的位移,作为拉索1的位移。

[0066] 本实施例提供一种基于组合视觉靶标的拉索动态位移监测方法,首先设置有多种视觉靶标以形成组合视觉靶标,根据桥梁现场光照条件及日夜更替情况进行最优视觉靶标定位选择,无论环境光充足或不足都能保证成像质量;其次,评估环境光是否充足,便于根据环境光的不同模式进行自动切换,当环境光充足时,仅通过逆反射标志靶标确定拉索位移;当环境光不足时,红外LED靶标同步作为组合视觉靶标,在同等观测距离下提供更好的信噪比;再者,将多种视觉靶标的实时成像质量和位移计算值动态确定融合权重以得到拉索的位移,使得动态位移计算结果满足连续采集的要求,有效提升拉索动态位移监测的连续性及测量精度,光照鲁棒性好。

[0067] 如图1至图4所示,图4为本发明一实施例中角点靶标和圆点靶标的对比图。

[0068] 在桥梁的拉索1上设置多种视觉靶标2以形成组合视觉靶标,视觉靶标2至少包括逆反射标志靶标21和红外LED靶标22。

[0069] 通过上述方案,逆反射标志靶标21通过反光成角点阵列像,可全天候用于不同光照条件下的拉索振动成像及位移计算;红外LED靶标22通过自发光成圆点像,也用于拉索振动成像及位移计算。虽然红外LED靶标22在环境光充足时,如白天光照条件强的时间点可能难以成圆点像,无法参与拉索位移计算,但环境光不足时,融合了红外LED靶标的拉索动态位移监测效果更好,同时满足靶标成像质量稳定性与拉索测量精度的要求。

[0070] 在一实施例中,拉索1上设有靶标夹具23,靶标夹具23将组合视觉靶标与拉索1固定,靶标夹具23具有两个相邻设置的表面,逆反射标志靶标21设于一表面,红外LED靶标22设于另一表面。

[0071] 在一实施例中,逆反射标志靶标21为多个二值编码逆反射标志;红外LED靶标22为多个红外LED灯珠。

[0072] 通过上述方案,二值编码逆反射标志作为角点靶标,提供带唯一编码信息的图案,可用于视野中出现多根拉索时精确定位特定编号的拉索;红外LED灯珠作为圆点靶标,也用于拉索振动成像及位移计算,从光源角度而言红外LED灯珠是主动光源,二值编码逆反射标志是被动光源,同等观测距离下红外LED灯珠的信噪比会更好。虽然红外LED灯珠在环境光充足时,如白天光照条件强的时间点可能难以成圆点像,无法参与拉索位移计算,但环境光不足时,融合了红外LED靶标的拉索动态位移监测效果更好。

[0073] 下面对各步骤进行详细说明和阐述。

[0074] 在一实施例中,步骤S1中,视觉靶标2还包括光敏电阻24,根据光敏电阻24的电阻值 R_L 评估环境光是否充足,并进行环境光不足或充足的自动切换控制。光敏电阻24靠近逆反射标志靶标21设置。

[0075] 通过上述方案,由于不同环境光条件下不同视觉靶标测量精度及稳定性不同,根据对光线十分敏感的光敏电阻评估环境光是否充足,评估结果更为准确,便于对环境光充足和不足的测量模式进行自动切换控制,以适应不同环境光条件下拉索位移测量,提高拉索位移监测自动化程度和监测效果。

[0076] 在一实施例中,步骤S21中,设置变焦摄像头3以获取拉索1上逆反射标志靶标21的成像和红外LED靶标22的成像,变焦摄像头3的视野覆盖组合视觉靶标。

[0077] 变焦摄像头3进一步设置于转动云台4上,便于调节角度。

[0078] 通过上述方案,通过变焦摄像头3准确获得多种视觉靶标2的成像。

[0079] 如图5所示,图5为本发明一实施例中变焦摄像头的结构示意图。

[0080] 在一实施例中,变焦摄像头3上设有红外灯板5。

[0081] 通过上述方案,利用红外灯板5在夜间为逆反射标志靶标21进行补光,进一步适应不同光照条件下的拉索振动成像及位移计算。

[0082] 在一实施例中,步骤S21、获取拉索1上逆反射标志靶标21的成像和红外LED靶标22的成像包括:

[0083] 步骤S211、识别拉索1上逆反射标志靶标21的位置和大小。

[0084] 具体地,每根拉索1安装的组合视觉靶标相对变焦摄像头3的初始方位的相对位置是确定的,通过初始化阶段配置拉索1的大致方位,转动云台4根据所观测拉索1上多种视觉靶标2的大致方位进行转动;识别拉索1上逆反射标志靶标21上编码标志像素位置和大小,如识别方法:先自适应阈值分割;再查找轮廓,使用Union-find查找连通域;对轮廓进行直线拟合,查找候选的凸四边形;最后对四边形进行解码,识别靶标ID,当然,也可以采取其他的识别方法。

[0085] 步骤S212、变焦摄像头3的视野中心调节至指定视觉靶标2,以得到拉索1上逆反射标志靶标21的成像和红外LED靶标22的成像。

[0086] 变焦摄像头3的视野中心调节至指定视觉靶标2,精准控制视觉靶标2的有效分辨率至最佳分辨率。

[0087] 在一实施例中,步骤S22、评估组合视觉靶标的局部成像质量,以得到逆反射标志靶标的成像质量评估指标 Q 和红外LED靶标的成像质量评估指标 U 包括:

[0088] 步骤S221、逆反射标志靶标21的成像质量评估指标 Q 定义为逆反射标志靶标21的角点特征质量评估指标;

[0089] 计算公式为: $Q = \frac{R_{meau}}{R_{ref}}$;

[0090] 其中, R_{meau} 为ROI区域角点响应实测值; R_{ref} 为ROI区域角点响应参考值。

[0091] 具体地,ROI (Region of Interest) 区域指的是在图像处理中,用户感兴趣并需要重点关注的特定区域。在机器视觉和图像处理领域,ROI区域可以通过多种方式勾勒出来,如方框、圆、椭圆或不规则多边形。使用ROI区域 Ω 可以有效地减少处理时间并提高精度。感兴趣区域(ROI)提前通过人为设置变焦摄像头的视野时人工选定。由于拉索位移不会太大,所以ROI区域在选定当前帧靶标位置后稍微向外拓展一部分像素区域即可。

[0092] ROI区域角点响应参考值取参考时间段(即成像质量较好的时间段)的 R 均值作为参考值,该参考时间段根据经验确定。

[0093] 在一实施例中,获取ROI区域角点响应 R 包括:

[0094] 建立ROI区域 Ω 灰度变化特征矩阵 M ;

[0095] M 表示为: $M = \sum_{(x_i, y_i)} \begin{bmatrix} I_x^2(x_i, y_i) & I_x(x_i, y_i)I_y(x_i, y_i) \\ I_x(x_i, y_i)I_y(x_i, y_i) & I_y^2(x_i, y_i) \end{bmatrix}$;

[0096] 计算 M 的特征值 λ_1 和 λ_2 ,以得到ROI区域 Ω 角点响应 R ;

[0097] 其中, $I_x(x_i, y_i)$ 为不同位置的像素在 x 方向的ROI区域 Ω 灰度梯度, $I_y(x_i, y_i)$ 为不同

位置的像素在y方向的ROI区域 Ω 灰度梯度;

[0098] 计算公式为: $R = \sqrt{\lambda_1 \lambda_2}$ 。

[0099] 其中, x_i 和 y_i 是指不同位置像素的x和y坐标, 基于图像数据, 通过分析靶标控制点在图像坐标系下的二维坐标, 并进行坐标转换获得位移。

[0100] 步骤S222、红外LED靶标22的成像质量评估指标U定义为光斑边缘灰度均匀性;

[0101] 计算公式为: $U = 1 - \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$;

[0102] 其中, I_{\max} 为光斑边缘像素带 Ψ 的像素灰度最大值; I_{\min} 为光斑边缘像素带 Ψ 的像素灰度最小值。

[0103] 通过上述方案, 评估出组合视觉靶标的局部成像质量, 从而作为基础, 将两种视觉靶标位移数据再进一步融合得到最终拉索位移。

[0104] 在一实施例中, 步骤S23、分别识别逆反射标志靶标21的成像和红外LED靶标22的成像, 以获取逆反射标志靶标21的位移计算值 Δd_{corner} 和红外LED靶标22的位移计算值 Δd_{circle} 包括:

[0105] 步骤S231、以光轴与相机感光元件相交点为原点0, 过0点以平行于两正交边建立x和y轴。

[0106] 由于视觉靶标2在感光元件上成像点x和y像素坐标会随着拉索1的运动发生变化, 以拉索1不动的原始位置时视觉靶标2在感光元件上成像点x和y像素坐标为参考坐标, 以视觉靶标2在感光元件上成像点x和y像素坐标随拉索1的运动而变化来表征视觉靶标的位移。

[0107] 具体地, 两个视觉靶标都在相机画面(即变焦摄像头3)中, 所以共用一个xoy坐标系。

[0108] 步骤S232、通过角点识别算法计算逆反射标志靶标21中角点群几何中心位置 $(x_{\text{corner}}^{\text{center}}, y_{\text{corner}}^{\text{center}})$, 根据角点群几何中心位置二维像素坐标变化获取逆反射标志靶标21的位移计算值 Δd_{corner} 。

[0109] 步骤S233、通过椭圆识别算法计算红外LED靶标22中光斑几何中心位置 $(x_{\text{circle}}^{\text{center}}, y_{\text{circle}}^{\text{center}})$, 根据光斑几何中心位置二维像素坐标变化获取红外LED靶标22的位移计算值 Δd_{circle} 。

[0110] 通过上述方案, 识别视觉靶标的成像获取组合视觉靶标的位移计算值, 以用于后续融合, 当然, 也可以采用其他算法获取组合视觉靶标的位移计算值, 属于现有技术, 在此并不赘述。

[0111] 本申请还提供一种基于组合视觉靶标的拉索动态位移监测系统, 其包括:

[0112] 多种视觉靶标2, 设于桥梁的拉索1上以形成组合视觉靶标, 视觉靶标2至少包括逆反射标志靶标21和红外LED靶标22;

[0113] 变焦摄像头3, 被配置为: 获取拉索1上逆反射标志靶标21的成像和红外LED靶标22的成像, 变焦摄像头3的视野覆盖组合视觉靶标;

[0114] 成像质量评估模块, 被配置为: 评估组合视觉靶标的局部成像质量, 以得到逆反射

标志靶标21的成像质量评估指标 Q 和红外LED靶标22的成像质量评估指标 U ;

[0115] 位移计算模块,被配置为:分别识别逆反射标志靶标21的成像和红外LED靶标22的成像,以获取逆反射标志靶标21的位移计算值 Δd_{corner} 和红外LED靶标22的位移计算值 Δd_{circle} ;

[0116] 融合计算模块,被配置为:进行融合以得到组合视觉靶标的位移 Δd_{fused} ,作为拉索1的位移;

[0117] 计算公式为:
$$\Delta d_{fused} = \frac{\Delta d_{corner} \times Q + \Delta d_{circle} \times U}{Q + U}。$$

[0118] 在一实施例中,拉索1上设有靶标夹具23,靶标夹具23将组合视觉靶标与拉索1固定,靶标夹具23具有两个相邻设置的表面,逆反射标志靶标21设于一表面,红外LED靶标22设于另一表面。

[0119] 在一实施例中,逆反射标志靶标21为多个二值编码逆反射标志;红外LED靶标22为多个红外LED灯珠。

[0120] 在一实施例中,视觉靶标2还包括用于评估环境光是否充足的光敏电阻24,光敏电阻24靠近逆反射标志靶标21设置。

[0121] 在一实施例中,变焦摄像头3上设有红外灯板5。

[0122] 变焦摄像头3连接有计算终端6,成像质量评估模块、位移计算模块、融合计算模块集成于计算终端6中,计算终端6用于分析图像数据、成像自动控制及相关计算等。

[0123] 其中,上述基于组合视觉靶标的拉索动态位移监测系统中各个模块的功能实现与上述基于组合视觉靶标的拉索动态位移监测方法实施例中各步骤相对应,其功能和实现过程在此处不再一一赘述。

[0124] 在本申请的描述中,需要说明的是,术语“上”、“下”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申请和简化描述,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申请的限制。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申请中的具体含义。

[0125] 需要说明的是,在本申请中,诸如“第一”和“第二”等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0126] 在本申请实施例的描述中,除非另有说明,“/”表示或的意思,例如,A/B可以表示A或B;文本中的“和/或”仅仅是一种描述关联对象的关联关系,表示可以存在三种关系,例如,A和/或B,可以表示:单独存在A,同时存在A和B,单独存在B这三种情况,另外,在本申请

实施例的描述中，“多个”是指两个或多于两个。

[0127] 以上仅是本申请的具体实施方式,使本领域技术人员能够理解或实现本申请。对这些实施例的多种修改对本领域的技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本申请的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本申请将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所申请的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

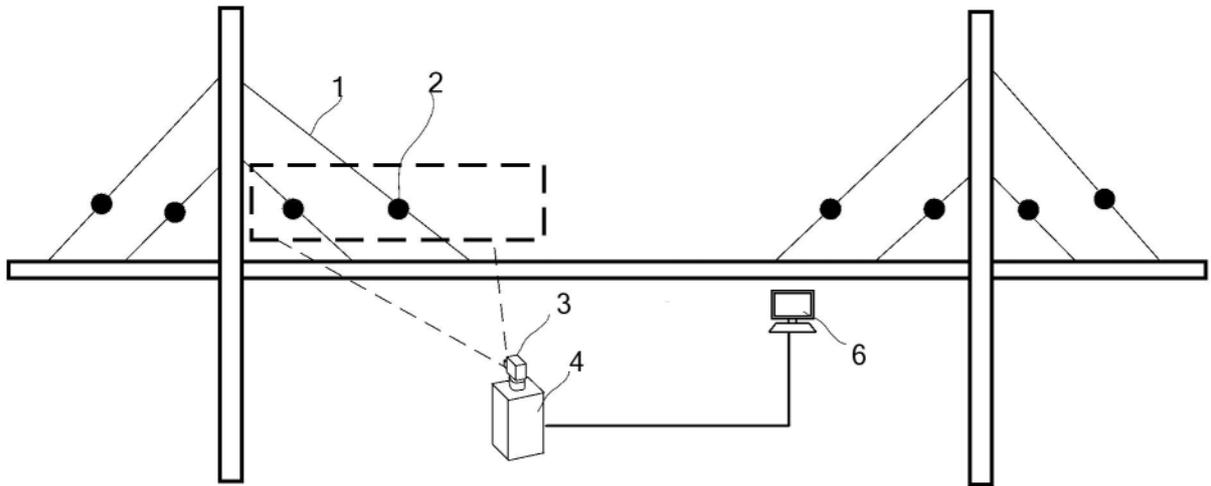


图1

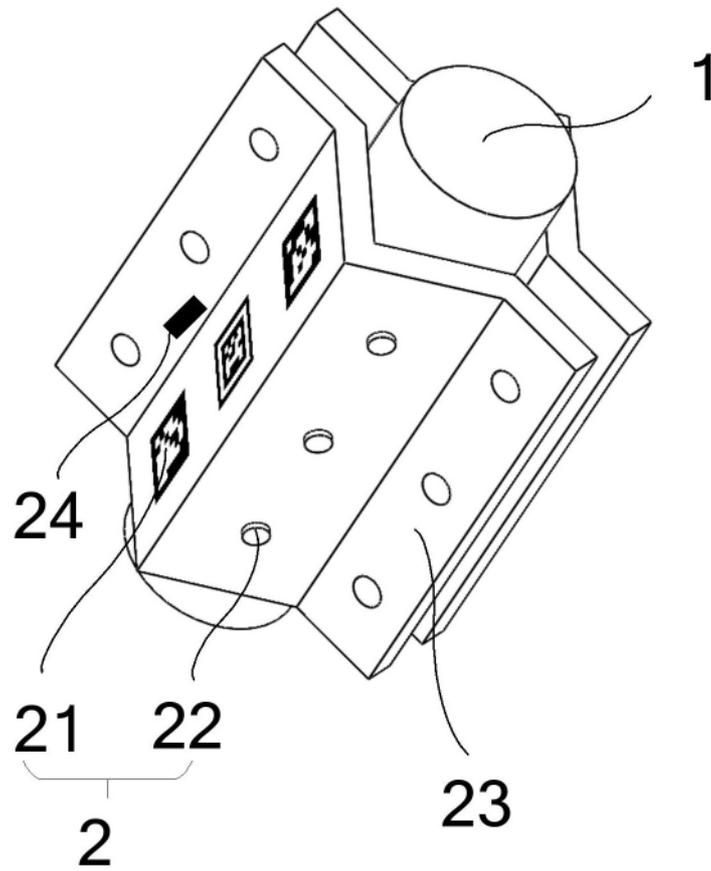


图2

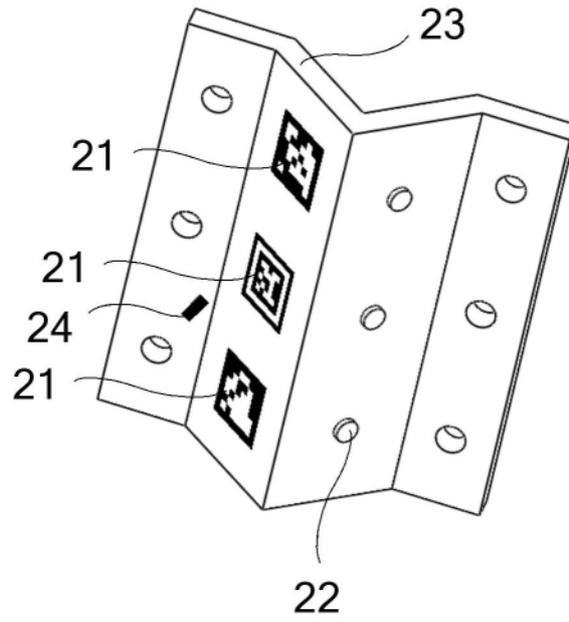


图3

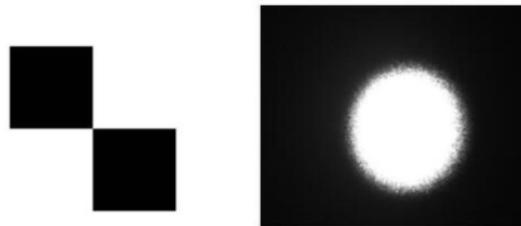


图4

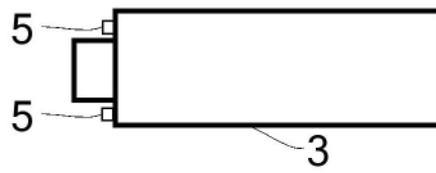


图5