

一种基于车身三维模型的柔性化缺陷检测升降系统

一、背景技术

目前，市面上所有的涂面检测设备都使用定焦的工业相机进行图像的采集，定焦相机只能保证在一定工作范围内的图像质量，然而车身上方（引擎盖、A柱、车顶、尾箱）存在很大的高度差，传统的固定相机采集方案存在以下缺点：

1. 相机数量冗余过大，需要三组甚至更多组相机来覆盖车身上部的漆面检测部分。
2. 为了保证车身通过性，相机架设和光源架设都较远，导致条纹成像不够清晰无法准确获取缺陷特征信息，对于后续的缺陷分类造成了不良影响，相机架设过远也会带来由于车身抖动带来的拍摄及定位问题。
3. 车身上部特殊面型部分的成像也存在很大问题比如A柱（引擎盖末端到挡风玻璃上端的部分）、定焦相机的景深范围无法覆盖这么大的高度变化导致部分区域成像模糊、检出率低下。
4. 不能满足柔性化生产的需求，当车型发生变化后，定焦相机由于景深范围不够导致的成像清晰度不能满足检测需求也是有待解决的问题。
5. 相对于机械臂式的图像采集方案，在保证成像质量优良的情况下，极大地提高了采集效率，降低了生产成本。

二、所要解决的技术问题及发明目的

该发明主要解决了以下技术问题：

1. 该发明从光源的架设、相机的架设对成像系统的影响出发，解决了车辆面型发生变化或者车型发生变化时，相机工作距离都能始终保持一致从而解决成像不清晰（缺陷特征不明显），检测盲区多等问题，为后续缺陷检测及分类统计夯实基础。
2. 基于车辆三维点云数据和车辆位置信息进行升降装置的运动轨迹设计、优化，使得升降装能够在车辆行进过程中，根据车辆顶部的三维数据面型变化进行相机、光源姿态的动态调整，在完全不影响生产节拍的情况下，完成车身涂面检查的全覆盖拍摄及检测。

该发明的主要目的在于解决固定式拍摄成像质量不一致，拍摄盲区多、多车型适配差等问题，同时相较于机械臂式的采集方案，单台设备

就能完成通过式数据采集，采集效率更高，占用空间更少，解决了一些老厂房安装空间不够等问题，大大降低了生产成本。

三、技术方案

3.1 车身点云提取

提取轮廓参数：轮廓坐标+法向量；建立轮廓坐标系，如图 1 所示，沿车身方向 X 轴，车高 Y 轴，车宽 Z 轴（不限于该坐标系）；轮廓任意一点计算坐标 $P_i(x, y, z)$ ，z 方向为 0。同时计算该点法向量 $N_i(nx, ny, nz)$ ，z 方向法向量为 0。

a. 提取单线轮廓该时刻的前后一段长度的曲线数据，计算该点的法向量（拟合直线、平均法向量），如图 2 所示；

b. 提取该时刻位置的空间点云面型数据，计算该点法向量（拟合平面、面型平均法向量），不限于矩形、圆形、椭圆形；提供 3 种轮廓坐标及法向量提取方式，如图 3、图 4 所示，其中白色点为点云数据，红色点为当前计算坐标及法向量采用数据区域；

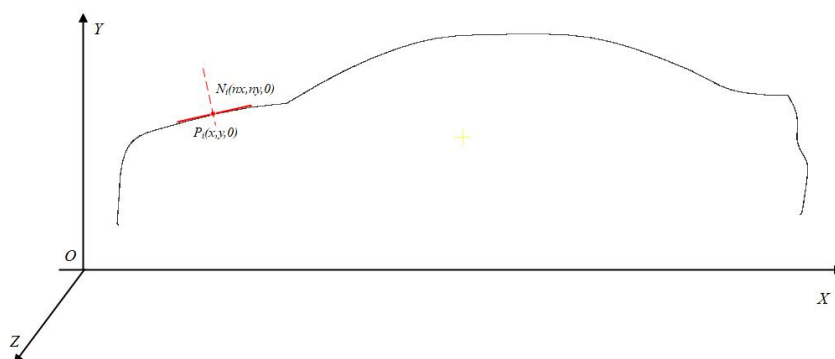


图 1：车身坐标系

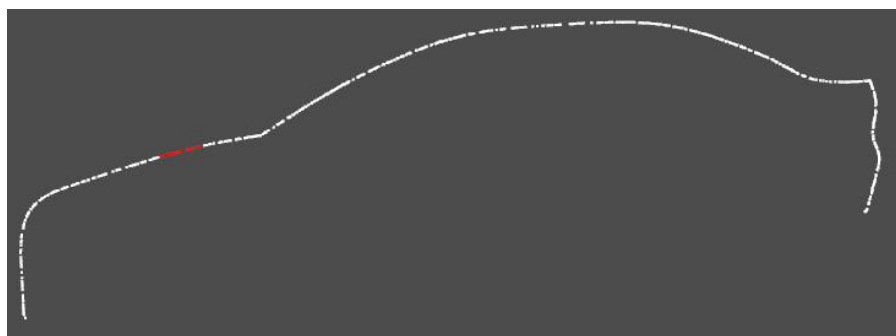


图 2. 单线区域提取坐标及法向量

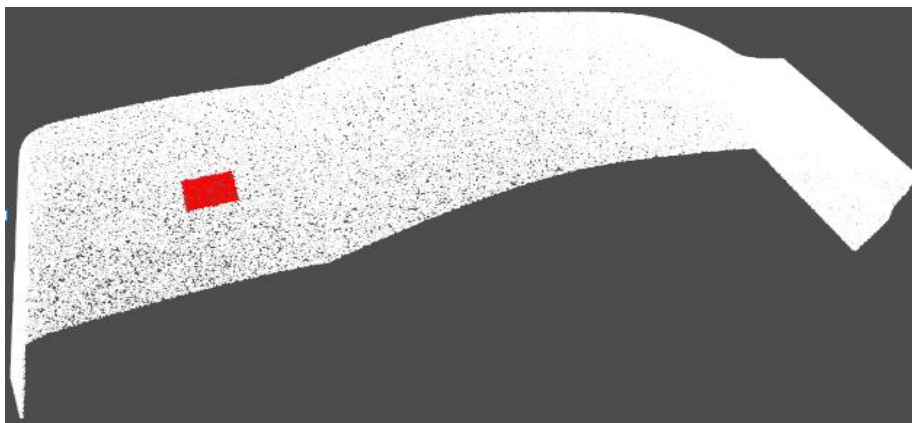


图 3. 方形区域提取坐标及法向量

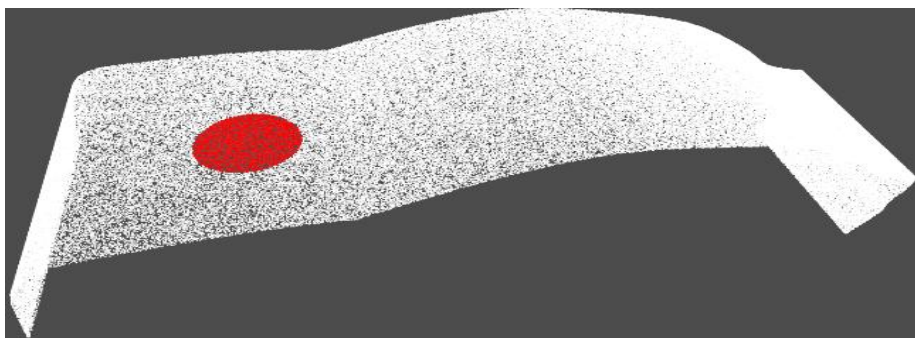


图 4. 圆形区域提取坐标及法向量

3.2 参数设计

根据步骤 3.1，提取到稠密的轮廓数据点后，根据实际的控制装置需求可降采样轮廓点坐标及法向量。如图 5 所示，其中轮廓点坐标提供升降装置的进程（Y 方向），法向量提供旋转装置提供最佳的成像角度如图 6。根据轮廓坐标及法向量调整升降装置和旋转装置的位置信息，建立关于运动方向的关系函数（当前运动方向为 x ），通过更新检测物体的行进位置 x 及对应轮廓 y 来更新当前时刻的升降高度及旋转位置。高度函数： $H_0(x)$ ，旋转角度函数： $\theta_0(x)$ ，升降速度函数： $v_0(x)$ ，旋转速度： $r_0(x)$ ；所有点位离散数组 $[[x_1, H_1, \theta_1, v_1, r_1], [x_2, H_2, \theta_2, v_2, r_2], \dots, [x_n, H_n, \theta_n, v_n, r_n]]$ 。图 7 提供一种最少旋转角度的轮廓点位的优化方法，单条直线区域范围内旋转角度不变，降低运动带来的不稳定性，在不同旋转角度之间采用曲线插值（不限于贝塞尔插值）过渡，保证旋转装置的平滑过渡，如图 8 所示。

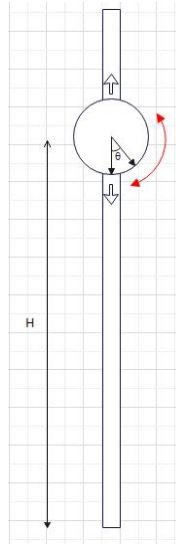


图 5 旋转示意图

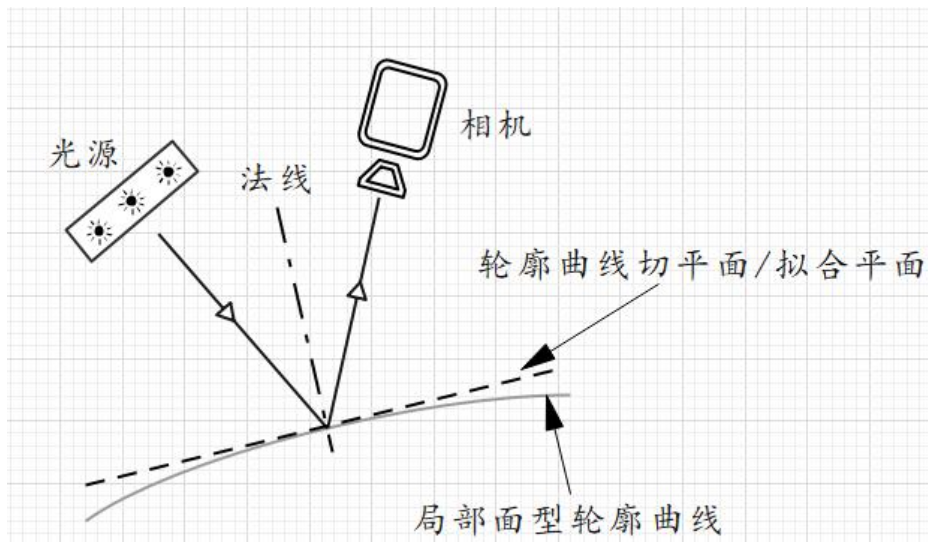


图 6 光源、相机布局方式

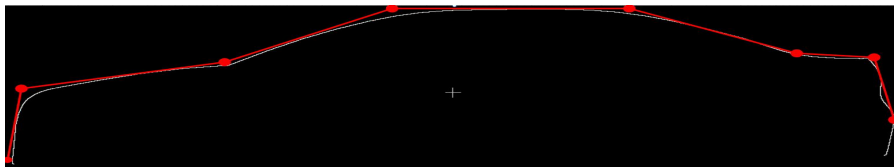
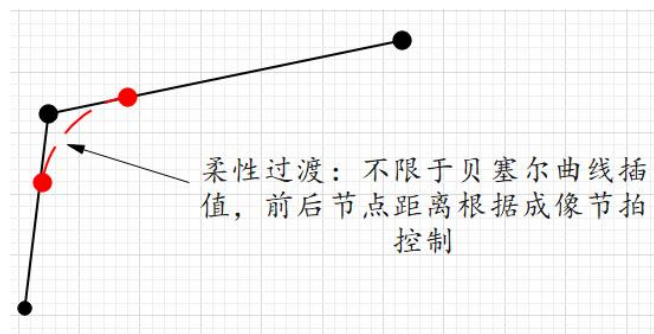


图 7 最少采样轮廓示意



3.3 算法控制&运动轨迹优化

检测到前进位移，动态调整当前时刻 t 的高度位置、旋转角度、运行速度；未检测到前进信息，保持当前姿态；

while 1:

if $x(t) > x(t-1)$:

moving

$H(t) = H_0(x)$

$\theta(t) = \theta_0(x)$

$v(t) = v_0(x)$

$r(t) = r_0(x)$

else:

stop

$H(t) = H(t-1)$

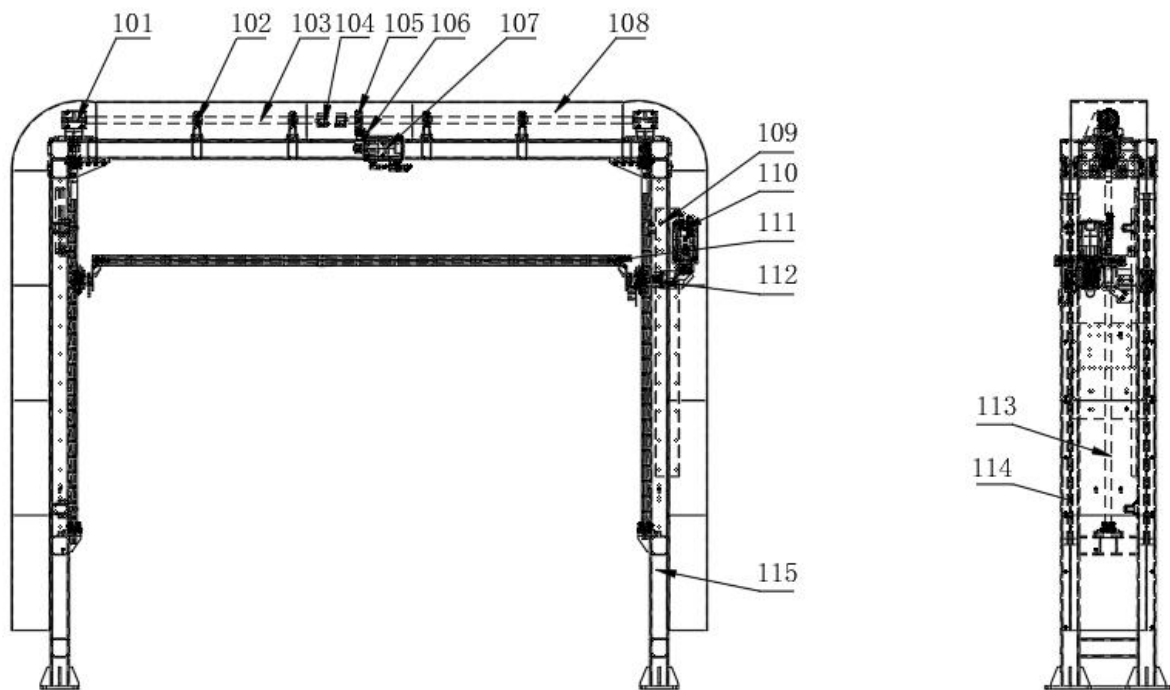
$\theta(t) = \theta(t-1)$

$v(t) = 0$

$r(t) = 0$

3.4 升降装置结构设计

该装置在结构方面使用桁架，桁架结构强度高、加工简单，且更适合现场的环境。在安装方面可以拼接使安装更简单。



- | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 101: 转向器 | 102: 轴承座 | 103: 传动轴 | 104: 联轴器 |
| 105: #1 传动装置 | 106: 张紧装置 | 107: #1 动力装置 | 108: 保护罩 |
| 109: 拖链 | 110: #2 动力装置 | 111: 负载件 | 112: #2 传动装置 |
| 113: 丝杆 | 114: 导轨 | 115: 桁架 | |

图 1

如图 1 所示的结构，以 115 的桁架作为结构基础、在其顶部用 107#1 动力装置通过 105#1 传动装置带动 103 传动轴，传动轴用 102 轴承座来固定、传动轴的两端连接 101 转向器将旋转力传递到 113 丝杆，丝杆带动 111 负载件做上下运动，111 负载件通过丝杆 113 来传递动力，负载件固定在 114 导轨上用以保证负载件能始终按照直上直下的路径来动作。在负载件上安装相机/光源，使之跟随车辆的轮廓做上下运动以保持相机/光源与车身的距离保持一致从而保证最终的成像效果。在机构做上下运动的同时 110#2 动力装置输出动力带动 112#2 传动装置，使 111 负载件可以做旋转运动，在做上下运动的同时负载件 111 也可以旋转，目的是能适应车身轮廓的角度变化，使相机/光源可以始终保持与车身的相对角度

四、仿形结构的优点

采用上述结构的优点在于：其机构的运动方式可以更好的应对车辆本身轮廓的变化，使光源和相机更好的适配车身轮廓的变化，解决固定

式光源和固定式相机成像质量差、检测盲区多、多车型适配差等问题。

该发明的技术关键点在于将光源、相机、升降装置很好的有机结合在了一起，并基于车辆三维信息进行了仿形的运动轨迹设计，充分保证成像的质量的同时，大大提高了检出效率和检出率。