

武汉理工大学

硕士学位论文

基于LabVIEW的汽车行驶跑偏测试系统研究开发

姓名：杨灿

申请学位级别：硕士

专业：车辆工程

指导教师：何耀华

20100501

摘要

汽车行驶跑偏是指：汽车在平直路面上行驶时，驾驶员将汽车调整到直行状态后，不对方向盘施加任何力和力矩，汽车不能维持原直行状态，偏离直线行驶轨迹的异常现象。文章介绍了汽车行驶跑偏相关的法律法规，分析了汽车行驶跑偏与转向轮定位参数、轮胎、悬挂及转向系的关系，阐述了汽车行驶跑偏的一系列危害，如驾驶疲劳、加速轮胎磨损等。并由此说明开发汽车行驶跑偏测试系统的意义。

文章通过分析跑偏测试系统的技术要求，以及跑偏测试系统的使用环境，列举了三种可能用于行驶跑偏的检测方法。对比分析传统跑偏测试方式、CCD 图像传感器方案、光纤传感器方案及 GPS 定向测量方案的优缺点，最终确认采用 CCD 图像传感器方案开发行驶跑偏测试系统。在此基础上，分析并确定了系统的硬件构成，系统硬件包括图像采集系统硬件、无线通信系统硬件以及相应硬件安装的土建施工等。在介绍系统硬件部分，文章结合系统要求，对系统各硬件关键技术参数进行了剖析。

根据系统硬件功能构成，系统软件划分为无线通信模块、图像采集与处理模块、生产网络通信模块和主程序模块。文章介绍了软件开发项目管理方法，分析了典型软件开发模型，用以指导软件开发。软件作为系统开发的重要组成部分，其间面临的问题是很多的，文章着重介绍了系统开发过程中的典型问题（如相机曝光时间调节，CCD 顺序开启控制，测试车辆与 VIN 的正确对应，系统界面控制等），并阐述了对应的处理方法。

CCD 采集的图像坐标到物理坐标的转换是实现行驶跑偏检测的关键功能。文章分析了实现坐标转换的一些因素：控制点的布置和适用的近景测量解析算法。跑偏测试系统的控制点是布置在测试车道平面上，因同一平面上的控制点同时求解内外方位元素会引起解的不稳定，跑偏测试系统最终舍弃直接线性变换解法而选用单像空间后方交会算法。

文章详细介绍了基于 LabVIEW 汽车行驶跑偏测试系统的开发过程，从方案制定到硬件选型，再到软件开发整个流程。

关键词：行驶跑偏，LabVIEW，图像处理，汽车测试

Abstract

The driver adjusts a vehicle traveling straight on a flat straight road, and then let hands off steering wheel. If the car wanders and deviate away the straight line though it should keep going straight, we call this abnormal phenomenon vehicle driving wandering.

This article introduced the laws and regulations on vehicle driving wandering, analyzed the relation between vehicle driving wandering and steering wheel alignment parameter, tire, suspension and steering system, and presented a series harm such as driving fatigue , faster tire wear etc. Those statements proved the importance of vehicle driving wandering test system research and development.

This article listed three possible vehicle driving wandering test methods through analyzing technical requirements and running environment of vehicle driving wandering test system. After comparing and analyzing the advantages and disadvantages of traditional driving wandering test method, CCD image sensor solution, optical fiber sensor solution and GPS orientation test solution, adopted CCD image sensor solution to develop driving wandering test system. Base on previous work, it analyzed and confirmed system hardware construction which consisted of image acquisition system hardware, wireless communication system hardware and corresponding civil work, etc. Combined with system requirements, this article analyzed each key technical parameter in the part of system hardware introduction.

According to the construction of system hardware, system software was divided into wireless communication module, image acquisition and processing module, production network communication module and main program module. The article introduced project management of software development method and analyzed the typical software development model as the guide of system software development. The software could face many problems as the important part of system development. The article focused on the typical problems of system development such as the adjustment of camera exposure time, start CCD in sequence, attachment VIN to corresponding vehicle and system user interface control, etc, then gave the corresponding solution.

The key point was how to convert the image coordinate acquired by CCD to physical coordinate. The article analyzed the factors of realization of coordinate transition. They were control point arrangement and applicative close-range test

analytical algorithm. The control points of driving wandering test system were arranged in the plane of test road. Finally ,driving wandering test system chose single image space resection algorithm rather than direct linear transformation algorithm because it would cause unstable solution if solving inside and outside point element of control point on the same plane at the same time.

The article expounded the development process, solution setting, hardware selection and the whole software development flow of vehicle driving wandering test system based on LabVIEW.

Keyword: Vehicle Driving Wandering, LabVIEW, Image Processing, Vehicle Testing

独 创 性 声 明

本人声明，所呈交的论文是本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得武汉理工大学或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

签 名： 杨灿 日 期： 2010.5.28

学位论文使用授权书

本人完全了解武汉理工大学有关保留、使用学位论文的规定，即学校有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权武汉理工大学可以将本学位论文的全部内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或其他复制手段保存或汇编本学位论文。同时授权经武汉理工大学认可的国家有关机构或论文数据库使用或收录本学位论文，并向社会公众提供信息服务。

(保密的论文在解密后应遵守此规定)

研究生 (签名): 杨灿 导师 (签名): 杨灿 日期 2010.5.28

第一章 绪论

1.1 汽车行驶跑偏概述

随着汽车工业的迅猛发展,先进的汽车主动安全技术被广泛的开发及应用,如轮胎压力监测预警系统、碰撞预警系统、防侧翻保护系统、后视监视系统、应急响应系统等。中国汽车销量逐年增长(至2010年将达到1500万辆),越来越多的汽车质量问题见诸网络和报端。在提高汽车产量的同时,对新车质量进行控制,严防不合格车辆流入市场,对汽车安全也是至关重要的,并可提高产品品牌形象,提升产品竞争力。为此,应企业委托,开发汽车行驶跑偏在线测试系统,对新车进行下线检测,避免存在行驶跑偏有车辆流入市场,可提高汽车高速行驶安全。

1.1.1 汽车行驶偏跑的定义及标准

汽车行驶跑偏是指:汽车在平直路面上行驶时,驾驶员将汽车调整到直行状态后,不对方向盘施加任何力和力矩,汽车不能维持原直行状态,偏离直线行驶轨迹的异常现象。

《机动车运行安全技术条件》GB7258-2004^[1]属强制性标准,其4.13条规定:机动车直线行驶时,其前后轴中心的连线与行驶轨迹的中心线应一致。其6.7条规定:机动车在平坦、硬实、干燥和清洁的道路上行驶不应跑偏,其方向盘不应有摆振、路感不灵或其它异常现象。

1.1.2 汽车行驶跑偏的原因及危害

汽车行驶跑偏的原因有:转向轮定位参数、轮胎、悬挂和转向系等。

1) 转向轮定位参数

a 前轮外倾角是通过车轮中心的汽车横向平面与车轮平面的交线与地面垂线之间的夹角。若汽车左右车轮的总外倾角之和不为零,汽车会出现向左或向右跑偏。

b 前轮前束角是从汽车前方看,左右两前轮向内倾斜的角度。当两前轮前束不对称时,会引起汽车行驶跑偏。

c 主销内倾角,即主销在汽车的横向平面内向内倾斜角度。主销内倾角有使车轮回正的作用,当与主销内倾角相关联的左右轮后倾拖距不同会引起汽车行驶跑偏。

2) 轮胎

汽车的左右轮轮胎气压不等会引起行驶跑偏,并且驱动轮的磨损程度比非驱动轮大,轮胎的摩擦力不相等也会直接引起行驶跑偏。

3) 悬挂

汽车悬挂设计缺陷,如悬架的导向杆系和转向系拉杆的运动干涉会影响车辆行驶跑偏。

4) 转向系

转向系各连接件磨损,间隙过大,将引起汽车行驶中方向摆动,不能保持正常的行驶。转向节弯曲变形,将引起汽车单向跑偏。

汽车行驶跑偏存在安全隐患,汽车高速行驶时,总不停修正方向,驾驶者容易出现疲劳,汽车有撞向护栏的危险。并且行驶跑偏会造成啃胎,加速轮胎磨损,引发汽车行驶时爆胎,造成车辆失控的危险状况。因此开发汽车行驶跑偏测试系统无论从符合法律法规要求出发,还是为保护乘员安全,抑或是在提高汽车产量的同时保证汽车质量都是有现实意义的。

1.2 LabVIEW 简介

随着计算机硬件发展,软件技术也飞速发展,传统的测试仪器的局限性突显出来,在此背景下,美国国家仪器公司(National Instruments, NI)开发出了虚拟仪器(virtual instrument),并提出了虚拟仪器的核心思想:“软件即是仪器”。

所谓虚拟仪器,就是以通用计算机及高性能的模块化硬件,结合高效灵活的软件来完成各种测试、测量和自动化的应用^[2]。虚拟仪器颠覆了以往传统的以硬件为主的测量系统,而转为以软件为测量系统的中心,充分发挥了当今处理能力强大的计算机工作平台,使得测量系统灵活、高效和低价。

LabVIEW(Laboratory Virtual instrument Engineering Workbench)是美国仪器公司研究开发的图形化程序开发环境。LabVIEW是G语言开发平台,产生的程序是框图的形式。LabVIEW提供了传统语言(如C、C#和BASIC等)文本语言代码接口,作为通用的编程系统,LabVIEW提供了完成任何编程任务的庞大的函数库,更为重要的是LabVIEW集成大量的功能强大设备驱动程序。通过其

驱动程序配置程序 Measurement & Automation, 我们可能通过简单的设置就可以实现对 GPIB、串行总线 (RS232, RS485)、VISA、VXI、USB、IEEE1394、CAN、PCI、以太网以及无线等各类总线的硬件设备进行控制, 实现数据采集。

LabVIEW 目前广泛应用于航天、汽车、电子产品、石油勘探、半导体测试、太阳能、风能等行业, 实现汽车测试、音频测试、数据记录、噪声测绘、嵌入式控制、绿色工程、机器状态监控等应用。并提供强大的数据分析函数及功能, 为用户提供测试及测量的快速开发平台。LabVIEW 在汽车行业的典型应用有: 一汽无锡油泵油嘴研究所利用 NI 的硬件产品在 LabVIEW7.1 平台上开发高压共轨柴油机电控单元测试系统^[3], 对 ECU 进行检测, 能够准确有效地发现新制 ECU 存在的软硬件问题, 为生产线上和产品 ECU 的质量控制提供了有效的工具; 清华大学汽车工程系开发的燃料电池混合动力系统集成平台, 以混合动力台架试验系统为基础, 建立了基于虚拟仪器的汽车动力系统开发平台能够较好地应用于燃料电池混合动力汽车的开发; 中国汽车技术研究中心开发的基于 LabVIEW 和 PXI 的汽车数字仪表测控系统^[4], 能够模拟产生汽车上的各种参数信息, 快速的对设计仪表进行全面测试, 节约台架或实车测试时间, 降低测试风险; 清华大学开发了基于 PXI 和 CRIO 的电子稳定程序 (ESP) 硬件在环仿真平台^[5], 无需苛刻的场地和危险的实车试验, 通过在环仿真平台即可完成 ESP 算法的验证任务, 极大地缩减了 ESP 控制算法的开发周期; 上海科世达华阳汽车电子有限公司基于 NI 的 PXI 系统, 开发了汽车电子综合测试平台, 实现了在一套测试系统上完成约大多数的汽车电子模块的测试; 雷诺汽车公司使用 NI DIAdem 为引擎生产数据库生成报告并进行统计分析, 能够动态创建和处理图表, 管理各类复杂的 SQL 查询请求; 美国弗吉尼亚理工大学开展盲人驾驶员项目, 运用 LabVIEW 程序, 控制激光测距仪, 将车辆前方物体的范围和距离数据传送到 NI 的 CompactRIO 实时控制器上并将测距仪数据转换成相关信息, 使驾驶员能够用于保持在路面上驾驶, 并且不与障碍物相撞。

利用 LabVIEW 作为汽车行驶跑偏测试系统开发平台, 充分发挥其在汽车测试开发应用方面的优势, 可以极大地缩减开发周期, 并且利用符合 NI 标准的集成化的软硬件设备, 节约开发成本, 满足汽车测试设备高效可靠的要求。

1.3 机器视觉

机器视觉 (Machine vision) 主要是指计算机视觉, 它是运用图像传感器采

集被摄目标的图像信息，通过对采集的图像信息进行分析处理，完成特定功能，整个过程与人类及其它类生物对视觉信息分析过程相似。机器视觉是一门综合性的学科，得力于现今计算机硬件发展，计算机信号分析处理能力加强，机器视觉在制造业、测试与测量、文档分析、医学及军事等领域广泛发展和应用。与人工视觉相比，机器视觉可以完成很多人工视觉所无法完成的工作：

1) 危险工作环境：用机器视觉代替人工视觉，可以完成人工视觉所不能完成的工作；

2) 不可见光的采集：利用机器视觉可以采集红外光或紫外光，在很多场合可提高生产的柔性和自动化程度；

3) 大批量的工业检测：人工视觉检查产品质量精度低，效率低，以及因视觉疲劳带来的检测结果不稳定。而机器视觉检测结果稳定可靠，效率高，机器视觉的检测精度远超人眼所不能达到的精度。

第二章 跑偏测试系统测试方案

《机动车运行安全技术条件》规定汽车能够维持直线行驶，这是行车安全的一项重要保证，是对出厂新车的一项基本要求。然而，由于汽车在制造装配过程中存在误差，或者其它小概率不可控因素的影响，导致下线汽车产品会存在跑偏问题。为此，在出厂前对下线汽车进行全数检测，以防存在跑偏故障的汽车流入市场，既是对消费者安全负责也是对汽车企业形象负责。

在确定跑偏测试系统测试方案之前，首先要全面了解下线汽车的检测流程和跑偏测试的技术要求。

2.1 跑偏测试系统的技术要求

一、检测参数

- 1) 车辆跑偏量与跑偏方向（跑偏量是指 100 米测试距离内被试车辆实际行驶轨迹相对于理想直行轨迹最大差值）
- 2) 行驶车速（包括被试车辆在准备区的平均车速和在测试区的平均车速）
- 3) 检测时间

二、技术要求

- 1) 安装位置——户外测试车道跑偏检测路段
- 2) 数据记录——检测参数全数记入系统 Oracle 数据库，每一辆被试车辆给出合格/不合格判定。
- 3) 检测速度——大于 5000 辆/周
- 4) 数据提交——能够与现有生产网络对接，发送跑偏测试合格车辆数据到生产网络，以打印车辆合格证。
- 5) 检测车速——60-100km/h
- 6) 测试系统适应性——跑偏测试系统应能够进行全天候测试

2.2 系统测试方案

2.2.1 测试方案概述

汽车在平坦的测试车道中间匀速行驶，方向摆正后，轻扶方向盘，观测汽车是否偏离直线，即可判断汽车是否存在行驶跑偏现象。汽车制造厂商为对新车进行批量快速检测，常在测试车道上指定跑偏测试区。跑偏测试区设置有引导标线，方便测试人员对正方向盘，对比引导标线判断汽车行驶跑偏情况。图 2-1 和图 2-2 是两种典型的行驶跑偏测试标线。图 2-1 中，在行驶跑偏测试区道路中心线左侧设置一平行于道路中心线的黄色标线。进行跑偏测试时，测试人员让汽车左侧车轮压线行驶，观测车辆相对黄色标线的横向位置变化，可以判断出被试车辆行驶跑偏情况。图 2-2 中，在行驶跑偏测试区道路中设置两条间距与汽车车轮左右侧车轮轮距相等的微突起黄色虚线，测试人员能直接感受到车轮压上各虚线段，图中测试线若测试人员感觉到车轮 6 次压上黄线，表明被试车辆行驶不跑偏。

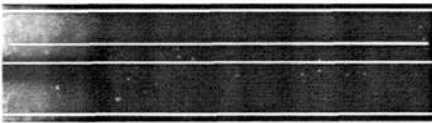


图 2-1 行驶跑偏测试线 1



图 2-2 行驶跑偏测试线 2

以上为传统的行驶跑偏测试方法，测试人员可以对汽车行驶跑偏情况作定性的判断，测试结果受人为的影响因素较大，并且当行驶跑偏区域大于 50 米时，测试人员就不能准确判断测试车辆跑偏量。为此，可以对传统行驶跑偏测试方法作如下改进：在图 2-1 中的测试线上布置传感器，获取测试车辆在行驶跑偏线测试点的位置信息，通过计算机分析处理，从而得到测试车辆的跑偏数据（跑偏量、跑偏方向等）。

方案一 CCD 图像传感器

在跑偏测试区上方安装 CCD 图像传感器，跑偏测试区分为测试准备区和测试区。测试准备区用作监测被试车辆进入测试区之前，车辆行驶方向是否得到修正，确保车辆直行进行跑偏测试区；而测试区就是对被车辆进行跑偏测试，以计算跑偏测试量。利用 CCD 图像传感器采集各测试点处的被试车辆图像，然

后对图像进行分析处理,提取被试车辆在图像中的像素坐标,再通过坐标转换,得到车辆在测试点的物理坐标,从而计算出测试车辆的行驶跑偏量。

方案二 光纤传感器

在跑偏测试区地面指定区域安装光纤传感器,利用光纤传感器测试车辆通过各测试点时的位置坐标,从而计算车辆行驶跑偏量。

方案三 GPS 定向测量单元

利用 GPS 定向测量单元,对车辆在行驶跑偏测试区的速度位置作全程跟踪监测,从而得出车辆和行驶跑偏情况。

2.2.2 测试方案分析

测试方案的制定,是以满足跑偏测试系统的技术要求为前提的,其次要考量的是测试系统的可靠性。汽车终检测试项目,是流水式测试,一旦测试系统出现故障,将对整个生产流程造成重大影响,因此系统的可靠性至关重要。再者,对于系统故障,能否快速修复也是对测试系统的一项基本要求。最后考虑的是系统开发成本,以及测试人员测试操作的便利性,在可能的情况下,应力求系统开发成本低,维护成本低,简化测试人员操作流程,使测试人员能够在长久专注于测试,保证测试结果的有效及可靠。

1) 测试精度

CCD 图像传感器测试精度依赖于其分辨率,光纤传感器测试精度是由传感器的布置密度保证的,两者都可达到技术要求所提的测试精度,而 GPS 定向测量单元则很难达到测试精度要求。

2) 可靠性

CCD 图像传感器以及光纤传感器均已实现工业应用,可靠性较高。但由于光纤传感器布置在测试跑道上,不利于传感器的维护。

3) 成本

GPS 定向测试单元成本最高,光纤传感器由于其应用不如 CCD 图像传感器普及,成本较 CCD 图像传感器高。

4) 操作便利性

利用 CCD 图像传感器进行测试,需在测试车辆上放置光学标志以辅助测试。GPS 方案则需要把 GPS 模块固定在测试车辆内,不便于测试人员进行流水测试。光纤传感器测试方案,测试人员只需按规程驾驶被车辆就可完成测试,操作较

为简便。

综合考虑以上四方面因素，在跑偏测试车道上方安装 CCD 图像传感器是较为理想的方案，即可满足系统测试技术要求，工作稳定可靠，方便进行系统技术维护。

第三章 跑偏测试系统的硬件构成及功能

跑偏测试系统作为下线车辆终检测项目，不同于其它测试项目。跑偏测试是在户外试车道上进行的，而户外试车道一般进行多个项目的测试，以及返修车辆的复检，跑偏测试车辆常有其它非跑偏测试车辆穿插测试，并且户外试车道不允许停车扫描车辆识别代码。因此，为对测试车辆身份进行正确识别，采用无线通信网络传输跑偏测试控制指令和测试结果信息。跑偏测试系统的硬件构成包括安置在试车道上方的 CCD 图像采集系统、无线通信网络，用于安装 CCD 图像传感器的龙门架，测试主机及其它辅助功能硬件。

表 3-1 硬件组成与功能

	硬件	功能
图像采集系统	CCD 传感器	采集测试图像
	光电开关	产生 CCD 触发信号
	环境光传感器	采集环境光强，调节曝光时间
	照明系统	提供夜间测试照明
无线通信系统	无线 AP	产生射频信号
	无线交换机	集中管理 AP，与 AP 共同构建无线网络，传输测试指令和测试结果
土建施工	龙门架	安装 CCD 传感器
	光电开关支架	安装光电开关
	AP 支架	安装无线 AP
其它	光纤及光纤收发器	连接交换机与 AP、连接测试主机与 CCD 传感器、连接测试主机与环境光传感器

跑偏测试系统的硬件布局如图 3-1 所示，在跑偏测试区安装 CCD 相机。测试准备区用来确认测试车辆进入跑偏测试区之前是否对正行驶，以确保跑偏测试结果的可靠性。测试区用作测试汽车的行驶跑偏量。在跑偏测试区之前和之后各设置一个无线 AP（Access Point），两 AP 间隔约 200 米，无线网络可以覆盖整个跑偏测试区，并向测试区外有一定的延伸，确保测试指令响应快速，传输可靠。在二号龙门架附近安装一个环境光传感器，实时采集环境光强，根据

采集到的环境光强调整 CCD 图像传感器的曝光时间，以获得最佳的测试图像。测试系统主机位于主控室，显示看板位于车间，由于跑偏测试主机及显示看板与跑偏测试跑道距离较远，并且待传输信号均为弱电信号，采用传统电线线路传输，无法保证图像、网络及环境光强信号可靠传输，因此中间信号传输线路均采用光纤传输，保证信号传输可靠稳定。

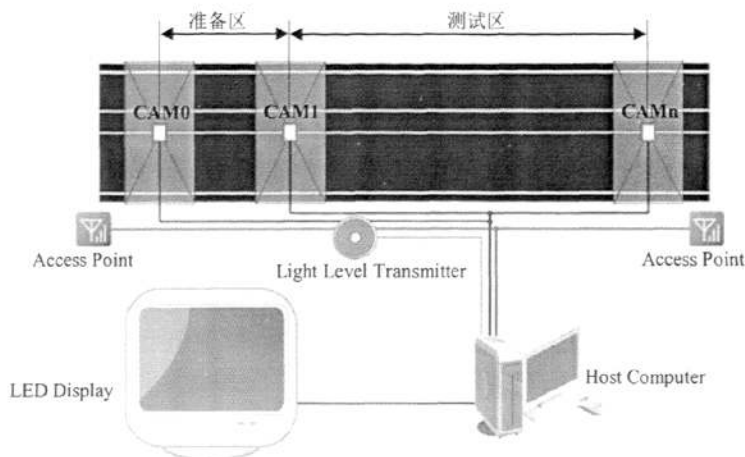


图 3-1 跑偏测试系统的硬件构成

3.1 图像采集设备

3.1.1 工业 CCD 图像传感器

CCD, Charge-coupled Device, 中文全称为电荷耦合元件。CCD 是一种半导体器件，可直接将光学影像信号转化为数字电信号，实现图像的获取、存储、传输、处理和复现。CCD 上植入的微波光敏物质称作像素，像素数越多，分辨率也就越高。工业 CCD 广泛应用于图像传感和非接触测量领域，并且应用日趋广泛。CCD 图像传感器具



图 3-2 工业 CCD 传感器

有以下特点：

- 1) 体积小，质量轻；
- 2) 工作电压低，功耗小，使用寿命长，工作可靠；
- 3) 响应速度快，灵敏度高，图像畸变小；
- 4) 集成化，尺寸精确，商品化成本低。

CCD 图像传感器的主要技术参数有：

- 1) 光学成像尺寸 (Optical Size)，也称为 CCD 的靶面，CCD 的光学成像尺寸越大，视场角越大。目前常见的 CCD 光学成像尺寸为 1/3 英寸，2/3 英寸，1/2 英寸，1/1.8 英寸，以及 1 英寸；
- 2) 芯片尺寸 (Sensor Size, H×V pixels)，即拍摄图像的最大分辨率，分辨率越高，图像越清晰。它是 CCD 的主要性能指标；
- 3) 像元尺寸 (Pixels Size)，是由光学成像尺寸和传感器尺寸共同决定；
- 4) 灵敏度 (Sensitivity)，是 CCD 对环境光线的敏感程度，灵敏度高，则 CCD 的工作条件可以很暗；
- 5) 最小曝光时间 (Minimum Exposure Time)，决定了 CCD 可以强光下工作的可靠程度；
- 6) 镜头安装方式 (Lens Mount)，有 C-mount 和 CS-mount 两种，二者的区别在于 CCD 感光距离不同。

在选择 CCD 图像传感器，要关注参数是光学成像尺寸（或像元尺寸）、传感器尺寸（分辨率）、灵敏度和最小曝光时间。像元尺寸、传感器尺寸和测试视野决定了 CCD 安装高度，而灵敏度和最小曝光时间会影响到晚上照明强度和白天正午强光下测试图像的成像质量，如是否会出现曝光不足了曝光过度。

设 CCD 的像元尺寸为 $\mu \times \mu$ ，分辨率为 $x \times y (y > x)$ ，跑偏高度区域视野宽度为 Y，相机镜头焦距为 f，则 CCD 安装高度 H 为

$$H = \frac{f}{\mu \times y} \times Y \quad (3-1)$$

表 3-2 CCD 参数表示例

芯片尺寸 (H x V 像素)	gm:659 x 494 gc: 658 x 492
芯片种类	索尼 ICX424 AL/AQ 逐行扫描 CCD

光学成像尺寸	1/3"
最大帧速率	70 fps
黑白/彩色	可选
输出方式	百兆网 Gige 千兆网
视频输出格式	黑白: Mono 8 (相当于 DCAM Mono 8) Mono 16 (相当于 DCAM Mono 16) Mono 12 Packed YUV 4:2:2 Packed (相当于 DCAM YUV 4:2:2) YUV 4:2:2 (YUYV) Packed 彩色: Bayer BG 8 (相当于 DCAM Raw 8) Bayer BG 16 (相当于 DCAM Raw 16) Bayer BG 12 Packed YUV 4:2:2 Packed (相当于 DCAM YUV 4:2:2) YUV 4:2:2 (YUYV) Packed Mono 8 (相当于 DCAM Mono 8)
ADC 的位元深度	12 位
同步	外触发信号/软件触发 曝光时间控制
供电要求	+12 ~ 24 V (DC), < 1% 波动 (3.0 W @ 12 V)
I/O 接口	光电隔离输入: 2 光电隔离输出: 4
镜头接口	C/CS 接口
外形尺寸	73.7 x 44 x 29 (不包含镜头)
(L x W x H)	85.5 x 44 x 29 (包含镜头)
质量	110 g
标准	CE, FCC, GenICam, GigE Vision

3.1.2 对射式光电开关

车辆进行跑偏测试时,通过 CCD 传感器采集被试车辆位于 CCD 正下方的图像,并且要求被试车辆在图像中的位置相对固定,方便对图像进行分析,以准确提取车辆位置坐标。跑偏测试系统中光电开关(见图 3-3)的作用就是确保采集到车辆位于 CCD 正下方的图像。光电开关安装布置如图 3-4 所示,即光电开关安装在 CCD 传感器下方,分布在试车道两侧。光电开关一端是发射端,发出激光信



图 3-3 对射式光电开关

号,另一端是接收端,接收发射端激光信号。车辆进行跑偏测试,经过 CCD 传感器下方,车身或车轮会挡住激光信号,这样就会在光电开关接收端产生一个触发信号,触发信号通过线缆传递到 CCD,触发 CCD 采集车辆位于 CCD 正下方的图像。通过调整光电开关的安装高度,选择车身触发或车轮触发。调整光电开关相对 CCD 位置,可调整采集到车辆在图像中的坐标位置。

光电开关的主要技术参数有:

- 1) 工作范围 (Operating Distance), 即光电开关发射端和接收端工作距离范围,对于跑偏测试系统,工作范围应大于跑偏试车道宽度。
- 2) 光斑直径及发射器发散角度 (Light Spot Diameter, Angle of dispersion sender), 主要影响光电开关触发信号可靠性。
- 3) 光源及发光类型 (Light Source, Light Type), 常见的光源为 LED, 发光类型多为红外光。
- 4) 防护等级 (Protection Class), 因光电开关工作在户外,防护等级直接关系到系统可靠性。
- 5) 工作环境温度 (Ambient Temperature), 光电开关的使用寿命是与工作环境温度密切相关的,一般最佳工作环境温度为 25℃。

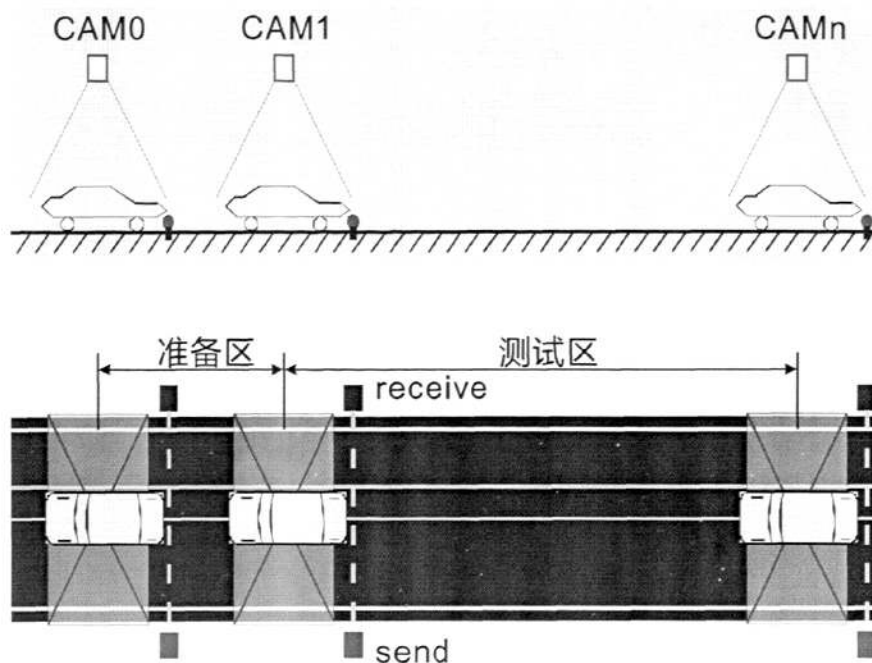


图 3-4 光电开关安装位置

表 3-3 光电开关参数示例

最大扫描距离	0 ... 900 mm
工作距离	5 ... 800 mm
光斑直径	约 100 mm (800 mm 处)
发散角度	约 4.5°
光源	LED, 红外光, 880 nm
灵敏度	手动调节
发射端指示灯	绿光 LED
接收端指示灯	黄光 LED
电压	10 ... 30 V DC
电压波动	≤ 10%
电流	≤ 35 mA
输出信号	Q: PNP, 集电集开路

PNP 信号电压	约 VS-2.0 V / 0 V
开关模式	亮通/暗通（可选）
最大输出电流	≤ 100 mA
响应时间	≤ 1 ms
开关频率	500/s
线路连接类型	4 接口 M12
VDE 防护等级	III
外壳防护等级	IP 67, IP 68, IP 69K
工作温度	工作温度 -25 °C ... + 80 °C（持续） 工作温度 -25 °C ... + 100 °C (15min 以内) 储存温度 -40 °C ... + 80 °C
质量	约 120 g
外壳材料	不锈钢外壳 AISI 316L/1.4404 接口 M12, PPS (Grilamid) FDA 光学镜头, PPS (Grilamid) FDA

3.1.3 环境光传感器

环境光传感器的作用是把环境光强度转换为电压或电流信号，通过数据采集卡，读出电压或电流数值，就可以转换为环境光强。因为户外环境光强变化范围大（夏天正午太阳光下的照度大于 1000000lux，而阴天室外照度可能在 100lux 以下，晚上借助照明系统，龙门架下光照度应该在 100lux 左右），通过环境光传感器和数据采集卡，可实时监控龙门架处的环境光强，实时调整 CCD 传感器的曝光时间，可保证采集到的测试车辆图像不出现曝光过度或者曝光不足，以免出现车辆坐标提取失败。

在选用环境光传感器时，要考虑以下因素：

- 1) 量程要满足测试条件，为 CCD 提供全天候的测试要求；
- 2) 输出电压或电流应能够与数据采集卡匹配；
- 3) 满足户外使用条件，或者加装防护设施。

表 3-4 为某量程可调式环境光传感器参数，通过量程选择开关，选择其量程为 10-2000lux，10-4000lux 或 10-10000lux。

表 3-4 某环境光传感器技术参数

传感器	发光二极管
精度	$\pm 5\% \times$ 量程
量程	(通过开关选择) 10-2000 Lux, 10-4000 Lux, 10-10000 Lux
外壳材料	ABS (阻燃型)
外形尺寸	55×90mm
安装孔	2× $\phi 4$
工作环境	温度: 0°C - 50°C 相对湿度 0 - 100% (无冷凝)
电压	24V, AC/DC ($\pm 10\%$)
接口	3 线
输出	0-10Vdc
防护等级	IP65

3.1.4 CCD 保护装置

CCD 保护装置可以采用温控箱, 以使 CCD 长期工作在最佳工作温度环境, 延长 CCD 使用寿命, 提高 CCD 工作可靠性。因在温控箱的底面加工出 UV 镜安装孔, 会对温控箱保湿性能造成一定影响, 温控箱的制冷和发热功率应为相机功率的数倍。

3.2 无线网络设备

无线局域网 (Wireless Local Area Networks, WLAN) 是利用红外线 (Infrared Ray, IR) 射频 (Radio Frequency, RF) 的技术, 代替旧式的双绞线所构成的局域网络。射频因其作用距离长、带宽大及覆盖范围广而应用更广泛。WLAN 可以提供传统 LAN 技术 (如以太网和令牌网) 和所有功能, 但不会受到线缆的限制。无线局域网主要用于以下情形:

- 1) 无固定工作场所的使用者
- 2) 有线局域网络架设受环境限制
- 3) 作为有线局域网络的备用系统

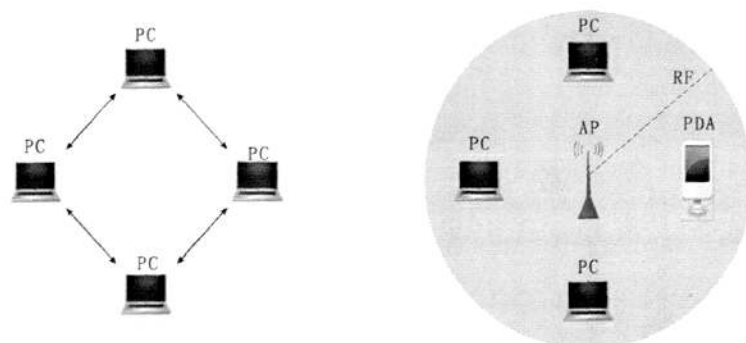


图 3-5 独立 WLAN

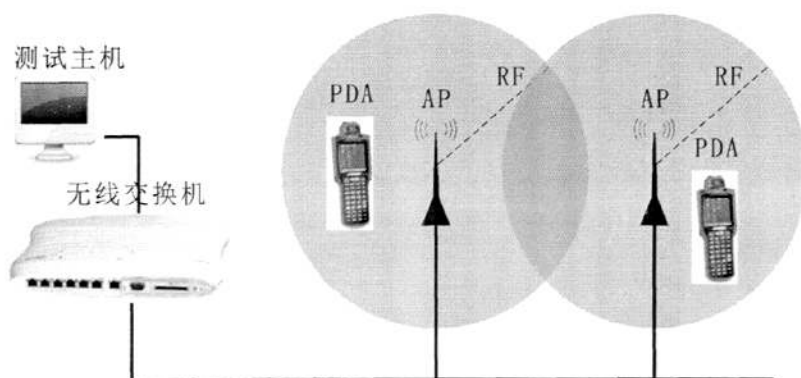


图 3-6 非独立 WLAN

因测试人员进行跑偏测试是流动作业，属工作场所不固定情形，所以可以利用 WLAN 传输指令和数据。与有线 LAN 非常相似的是，WLAN 设备也是由 PC 卡，个人计算机接口（PCI），产业标准结构（ISA）客户机适配器以及接入点组成。无线局域网的应用有独立的 WLAN 和非独立的 WLAN 两种。如图 3-5 所示，独立 AP（Access Point）的 WLAN 又分为无 AP 的独立 WLAN 和有 AP 的独立 WLAN。非独立的 WLAN 如图 3-6 所示，主机和 AP 之间通过无线交换机（Wireless Switch）连接，而其它无线设备如手持无线终端（hand-hold mobile computer）、掌上电脑（Personal Digital Assistant, PDA）或笔记本电脑通过 AP 连接到主机。跑偏测试系统主机就是通过无线交换机及 AP 连接手持无线终端，测试人员通过手持终端发送测试请求指令，测试主机在测试完成后返回跑偏测

试结果。

3.2.1 AP

无线接入点（Access Point, AP）也称无线网络桥接器、无线网关，也就是“瘦”AP，AP是传统的有线局域网与无线局域网之间的桥接工具，装有无线网卡的PC或手持设备可透过AP去连接到有线局域网。AP的传输机制相当于有线网络中的集线器。与之相对的“胖”AP，即无线路由器，一般同时拥有路由器和无线AP功能，包括网络地址转换（NAT）协议，支持网络连接共享。

瘦AP架构为集中式体系，所有的网络数据处理与控制放置在无线交换机上，将AP集中，统一由无线控制器进行管理。瘦AP架构是由瘦AP加无线控制器做无线接入的构架。胖AP架构即传统的，分布式体系架构，所有的网络数据处理与控制能力放置在AP上。

以下为两者对比：

1) 管理机制

胖AP架构中，由于没有集中控制器，各AP单独负责射频、通信、身份验证、加密等。因此需对每个AP进行初始配置，安全配置及访问控制方式配置，缺乏统一的管理，胖AP适合于小规模无线网，对于大型无线网络，日常维护配置繁琐。瘦AP由无线控制器统一管理，无线网络的配置维护在无线控制器上进行，AP只负责射频工作。

2) 数据安全

胖AP架构中，各AP独立负责用户独立接入认证和数据加密，安全扩展性能较差。而瘦AP由控制器进行用户接入认证和数据加密，可靠性及安全性更高。

3) 功能

a.胖AP架构无法实现无缝切换，即无线终端从一个AP移动到另一个AP时，AP与无线适配器之间的关联时间较长，需40秒左右的切换时间。而瘦AP架构通过无线控制器对AP进行统一管理，可实现无缝切换，切换时间可控制在10毫秒以下。

b.胖AP架构对每个AP分配一个独立的网络名称（Service Set Identifier, SSID），不容易实现用户权限控制。瘦AP架构可以对网络范围内的所有AP配置同一个SSID，简化了网络结构，也可以为不同网络覆盖区域配置不同的SSID，对不同用户设置不同的访问权限。

4) 扩展性

胖 AP 架构 AP 之间相互独立, 如需扩展无线网络, 需对新加 AP 单独配置网络地址, 而瘦 AP 架构无需改变现有的网络结构, 增加 AP 的数量即可实现网络扩展。对于大型无线网络, 瘦 AP 架构可节约建网成本, 并可减少无线网络能耗。

3.2.2 天线

WLAN 使用的频段为 2.4GHz, 天线的作用就是将此频段的源信号传递出去, 一般天线分为定向性(Uni-direction)与全向性(Omni-direction)两种, 定向型适合远距离传输, 全向型适合区域性应用。天线的增益值(dB)为天线的一个重要技术参数, 增益值越大, 无线网络覆盖区域越大。

3.2.3 无线交换机

无线交换机(Wireless Switch)作为无线网络控制器, 连接 AP 和主机, 对无线网络进行集中控制、集中管理。利用无线交换机和瘦 AP 组建无线局域网, 可使无线局域网扩展性强, 可靠稳定, 并可在很大程度上节约成本。

第四章 跑偏测试系统的软件开发

软件是指一系列按照特定顺序组织的计算机数据和指令的集合，包括计算机程序和相关文档。进行跑偏测试系统软件开发之前，首先要结合委托企业需求及系统测试方法，列出跑偏测试系统的主体功能模块和基本用户操作界面。然后对用户需求和测试方案进行深入分析，制定功能和需求文档。最后按照文档要求编写测试程序，并对程序进行调试、试运行、优化等，最终完成跑偏测试系统的软件设计。

由于在开发跑偏测试系统中使用 LabVIEW 开发平台，使用其标准化的 VI 组件，可极大的简化编程，缩短开发时间，节约开发成本。结合 G 语言开发平台的特点和软件工程的基本思想开发跑偏测试系统，可使系统灵活性高、扩展性强、可维护性好。

系统开发过程中应考虑的问题：

1) 灵活性

在软件开发过程中，不可避免的要面对需求变更，灵活性不好的软件会使得需求变更难以实现，为程序模块定义通用的接口，使用规范的数据结构，可以增强系统灵活性。

2) 扩展性

扩展性代表了软件适应未来需求的能力，软件开发初期无论制定了多么详细的需求分析，软件发布后不可避免的遇到新需求，系统设计时，如果程序层次清晰、采用模块化设计，将会使系统扩展性强，为软件加入新的功能变得方便可行。

3) 代码可重用性

代码可重用性是指程序代码可以不经修改或者稍加修改就可以重复使用。在 LabVIEW 定义具有特定功能的子模块，只需要定义不同的输入参数就可以实现不同的功能。例如可定义通用的日志记录模块，以记录错误代码、出错时间、错误位置，通过重用这个模块就可以记录系统中多处的错误信息。

4) 可读性

对于跑偏测试系统的开发，项目组中的多人参与程序设计开发，在程序开发时需协同工作，因此要能够保证项目组中成员能够轻松地读懂他人编写的程序，这其中包括程序功能、实现原理、数据结构和接口等。对于 LabVIEW 编程，

还应注意的，程序框图应尽可能的清晰，定义函数及子模块应做好程序说明。

5) 可维护性

可维护性是保证程序能够长期稳定运行的关键因素。系统应有较好的容错能力和恢复能力，系统在长期运行的过程中，可能会遇到软件兼容性问题，或者硬件问题，软件应能够在遇到错误提示错误，并在问题解决后快速恢复正常运行。系统应能够应对环境变化，跑偏测试系统作为新车下线检测系统的一部分，应能够应对新车终检系统变化。如系统网络结构调整，跑偏测试系统可通过更改配置文件，实现与终检系统的对接。

开发人员在拿到项目后如果不对需求进行认真分析就立即编写程序，在程序出现不能很好的满足需求时，常需对代码进行修改，由于前期没有对软件结构进行很好的规划设计，随着结构改动的增多，容易出现结构无法满足需求的情况，甚至出不得不重写代码的情况。另外，这样也常对软件的可维护性缺乏认识，没有很好的组织软件说明文档，软件维护相当麻烦。因此，在进行系统开发之前，需对软件工程的基础知识有所了解。

4.1 软件生命周期

软件生命周期由软件定义、软件开发和软件维护 3 个阶段组成，每个阶段可进一步划分，如图 4-1 所示。

4.1.1 软件定义

软件定义主要是进行软件可行性分析，确定软件开发工程的总体目标。其任务包括确定软件开发工程要采用的方法，必须完成的内容并制定开发进度表，估算软件开发成本。因这个时期

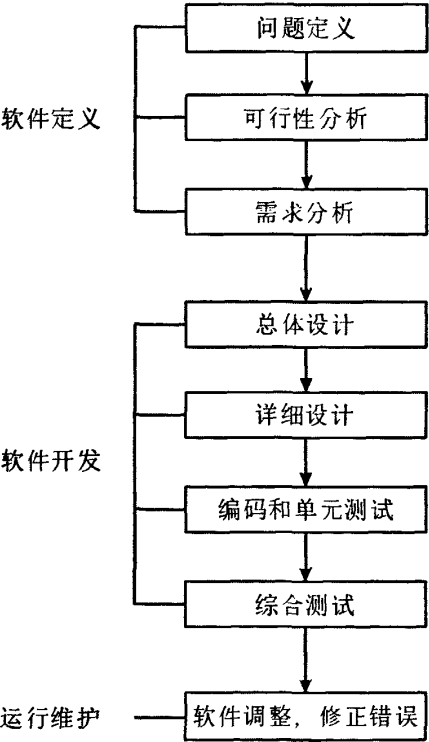


图 4-1 软件生命周期

的工作主要是进行项目分析，又称为系统分析。软件定义可细分为三个阶段：问题定义、可行性研究和需求分析。

4.1.1.1 问题定义

问题定义就是要确定具体要解决的问题，如果问题没能够定义好，很有可能会出现解决不好的问题，甚至出现解决不了的问题，使得先前进行的系统开发推倒重来。问题定义主要是通过委托厂家进行充分交流协商，跑偏测试系统作为新车下线测试的一个环节，分析目前的测试环节与其它测试环节的关联性，了解跑偏测试这个环节的测试环境（包括试车道环境、测试人员操作习惯、整车生产网络环境），列举在当前环境下要解决的实际问题。同样一种测试方法，随着测试环境的改动，可能变得不适用。

跑偏测试系统要解决的问题从大的方面讲有三个：

- 1) 如何获取测试车辆的跑偏量；
- 2) 如何辨识测试车辆以及通知测试人员跑偏测试结果；
- 3) 如何实现车辆并网测试。

4.1.1.2 可行性分析

可行性分析就是研究定义的问题解决方案是否能够解决问题，或者所提出的问题是否值得去研究解决。可行性分析要结合项目实际，如经费是否许可去解决所提问题，解决问题的周期是否过长等。

4.1.1.3 需求分析

需求分析是指开发人员具体分析用户需求，如用户功能需求、性能需求及操作界面需求等。因为用户通常不了解用户需求的软件实现过程，需求实现的可行性，所以通过和用户的充分交流可以了解用户切实想要解决的问题，把用户需求转换为软件需求。利用软件逻辑模型、数据流图和软件算法表达用户需求，经用户确认，并编排成正式文档（规格说明书，specification），准确描述用户要求和软件实现方式和方法。

4.1.2 软件开发

软件开发就是为了实现软件定义，通常包括 4 个阶段：总体设计，详细设计，编码和单元测试，综合测试。

4.1.2.1 总体设计

总体设计是对系统总体构架进行设计。如对于前面软件定义中的问题：如何获取测试车辆的跑偏量？可以采用 CCD 传感器获取测试车辆图像，提取测试车辆坐标并得到汽车行驶跑偏量，也可以利用光纤传感器测得被试车辆物理坐标再计算出汽车行驶跑偏量。进行总体设计时，要充分权衡各种方案的利弊，最终制定一个最佳系统设计方案。总体设计还要根据需求，确定程序的主体结构，如程序如何组成，各组成模块如何协同工作，完成软件功能。

跑偏测试程序由如下三个模块组成：

- 1) 图像采集及车辆坐标提取模块
- 2) 主机与手持终端通信程序模块
- 3) 主机与新车下线测试网络（生产网络）通信模块

模块 2 负责协调处理整个测试过程，通知启动和关闭模块 1，在测试车辆完成测试后，将消息发送到模块 3，利用模块 3 反馈测试结果到生产网络

4.1.2.2 详细设计

总体设计只是对系统方案进行了整体的概括和把握，详细设计需在总体设计的基础上细化系统方案，对系统模块进行更为详细的划分，确定细分模块要实现的功能、实现功能的算法以及各模块的接口等。如跑偏测试系统中，图像采集模块可进一步细分为图像采集控制和图像存储；车辆坐标提取要考虑车辆坐标提取算法，如有多种算法，怎样实现对多种算法进行协调，使多种提取算法进行协同工作，最终得到最准确的坐标数据。

4.1.2.3 编码和单元测试

编码主要是按详细设计方案编写程序，编码要求编写的程序条理清晰，结构严谨，对每一个模块做好详细的说明文档，这样即利于项目组其他成员看懂程序，还有利于程序排错，方便后期程序维护。单元测试是指编程人员对所编写的各程序模块进行独立调试、排错，保证各独立模块能够长时间稳定运行。

4.1.2.4 综合测试

综合测试是对最后生成的程序进行封装测试，使软件达到预期的设计要求。

1) 集成测试

把各独立模块按照设计要求组合起来，测试程序是否能完成预定设计功能。

2) 压力测试

在程序达到预定设计功能基础上，对程序进行满负荷运行甚至超负荷模拟

测试，检测程序运行稳定性。

3) 验收测试

按照系统设计技术要求，对程序进行检查验收，检验程序运行状态是否能达到设计技术要求。

综合测试结果应整理归档，生成软件测试报告和验收报告。

4.1.3 运行维护

运行维护是为了保证软件能够长期稳定运行。运行维护时期的任务有：

- 1) 修正软件运行过程中的错误；
- 2) 根据用户需求对软件进行修改调整；
- 3) 应对硬件调整，修改软件参数或软件本身。

4.2 软件开发模型

软件开发模型(Software Development Model)是指软件开发全部过程、活动和任务的结构框架。软件开发包括需求、设计、编码和测试等阶段，有时也包括维护阶段。

软件开发模型能清晰、直观地表达软件开发全过程，明确规定了要完成的主要活动和任务，用来作为软件项目工作的基础。对于不同的软件系统，可以采用不同的开发方法、使用不同的程序设计语言以及各种不同技能的人员参与工作、运用不同的管理方法和手段等，以及允许采用不同的软件工具和不同的软件工程环境。

典型的软件开发模型有：瀑布模型、渐增模型、原型模型、螺旋模型、喷泉模型和混合模型。

4.2.1 瀑布模型

瀑布模型（Waterfall Model）是软件工程中的经典模型，在 20 世纪 80 年代之前，它是惟一被广泛采用的生命周期模型，现今它仍然是应用最广泛的过程模型。

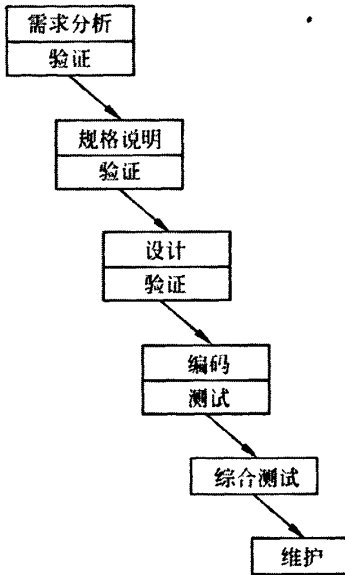


图 4-2 传统瀑布模型

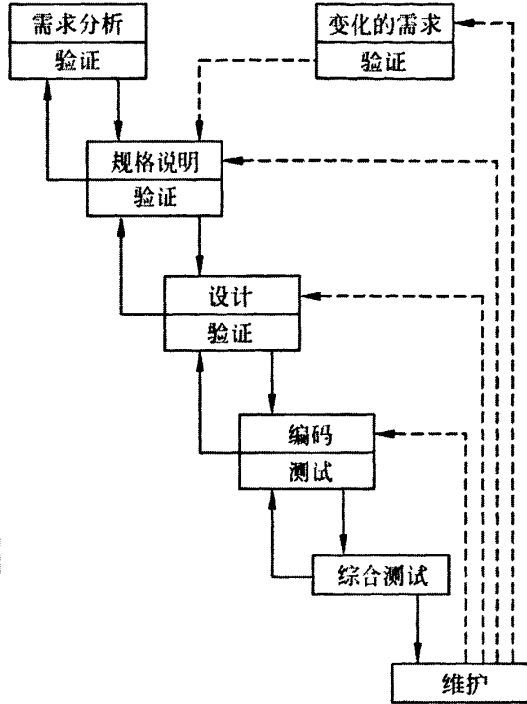


图 4-3 改进瀑布模型

传统瀑布模型有如下特点：

1) 顺序性

后一阶段的工作展开依赖于前一阶段的输出文档，只有在前一阶段的工作完成才能开展后一阶段的工作。因此，前一阶段的工作正确与否会直接影响下一阶段工作情况。对于大型软件项目，前一阶段工作失误，会导致后面的工作错误，以致大量返工，甚至完全推翻前期工作成果。

2) 质量保证观点

a，每个阶段都必须完整、准确的完成文档，文档是瀑布模型开发时期工作人员相互沟通的媒介，对软件运行维护也至关重要。

b，每个阶段都应对所完成的文档进行评审，排除错误，以免前期的文档错误会影响后期工作。

传统瀑布模型过于理想化，由于在项目开展过程中，用户的需求可能发生变更

动，并且在程序开发过程中，文档并不能完成反映出程序开发过程中的难以完成的工作，或者设计阶段文档存在设计缺陷，都将导致程序编码不符合用户需求。因此不得不在后面阶段中修正前期工作中的缺陷，然后继续进行后面阶段工作。这就是改进的瀑布模型，如图 4-3 所示。

瀑布模型是一种文档驱动模型，后一阶段工作的展开依赖于前一阶段的文档，参照软件开发过程文档，使得软件维护相对简化。但是文档驱动模型以缺点也是比较明显的，如任何理想的程序都是通过调整才能完成修正实际使用过程中暴露的问题，使得软件运行符合用户需求。虽说改进的瀑布模型可以通过阶段的交叠，对前期工作进行反馈，但阶段交叠会导致软件开发进程难以控制，特别是后期的改动要付出高昂的代价。

4.2.2 原型模型

原型模型（Prototyping Model）通常是指已有的系统或快速搭建起能够直接运行的程序。通过对原型模型进行不断改进，使之最终达到用户需求。原型模型通常反映了最终系统的核心功能，用户对它进行试用，提出修改意见，开发人员按此进行修改，完善系统功能，逐步实现完整的系统功能。开发人员依据用户的实际应用需求，制定系统说明文档和技术文档，这样开发出的系统能够切实满足用户要求。

原型模型可以防止瀑布模型早期开发时的文档设计缺陷产生的问题。用户通过对原型的使用体验，可以直接提出自身需求，开发人员也可对

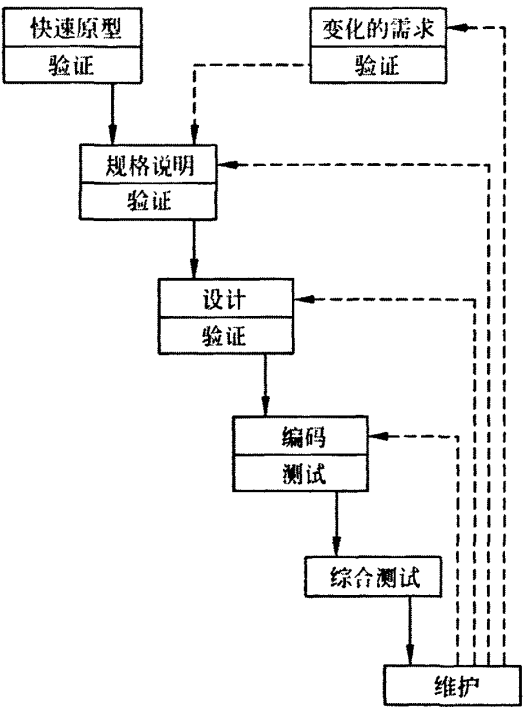


图 4-4 原型模型

用户需求直接作出快速反馈。原型使用用户需求清晰明了，开发人员直接面对用户，更符合开发人员的软件开发习惯。

原型模型的优点有：

1) 线性顺序开发，程序的每一次修改都得到用户验证，在开发过程的后期不会因为系统不符合用户需求进行大规模的返工或者不能完全满足用户需求，因此最终生成的系统设计文档做到与用户需求高度一致。

2) 开发人员在程序开发过程中的错误能够快速被验证而得到解决，并且程序设计和编码错误的可能性也较小。

原型系统的缺点是它通常需要更长的开发时间，并且原型的设计也需要经历用户需求分析、总体设计、详细设计等过程。

利用 LabVIEW 开发平台设计原型是相对可行的，如可快速搭建 I/O 系统，可搭建不依赖于编写后台程序的人机界面。

4.2.3 增量模型

增量模型把软件产品作为一系统的增量构件来设计、编码、集成和测试。每个构件是由多个相互作用的模型组成，完成特定的功能。增量模型的第一个构件通常可以完成整个软件体系的核心功能，而后期的增量模型提供更为完善的辅助功能和高级功能。

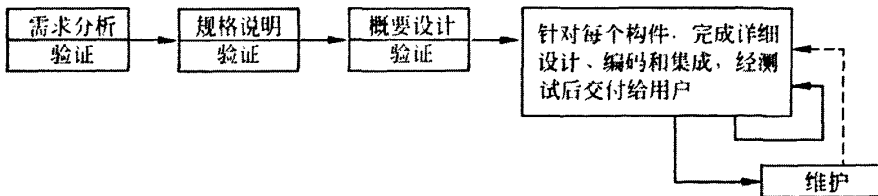


图 4-4 增量模型

使用增量模型开发软件系统时，增量构件的规模应合理，并且构件的分解应考虑软件的特点和开发人员的习惯。并且各分解的构件都是可测试的。由于软件系统被分解为多个增量构件，开发人员可以按构件向用户提交软件，用户可以在较短时间内拿到可以使用的软件产品。增量模型还可以让用户有足够的时间学习新产品。增量模型系统是开放的，因此软件的易于维护。

4.2.4 螺旋模型

螺旋模型（Spiral Model）强调风险管理，使开发者能够在开发周期的早期发现主要问题。螺旋模型中，开发者把项目划分成一系列需要处理的风险，通过迭代来分析最重要的风险，评价解决风险的途径，处理风险，评估结果并为下一次迭代做好计划。螺旋模型相当于每个阶段前都增加了风险分析的原型模型。螺旋模型非常适合于大型系统的开发。

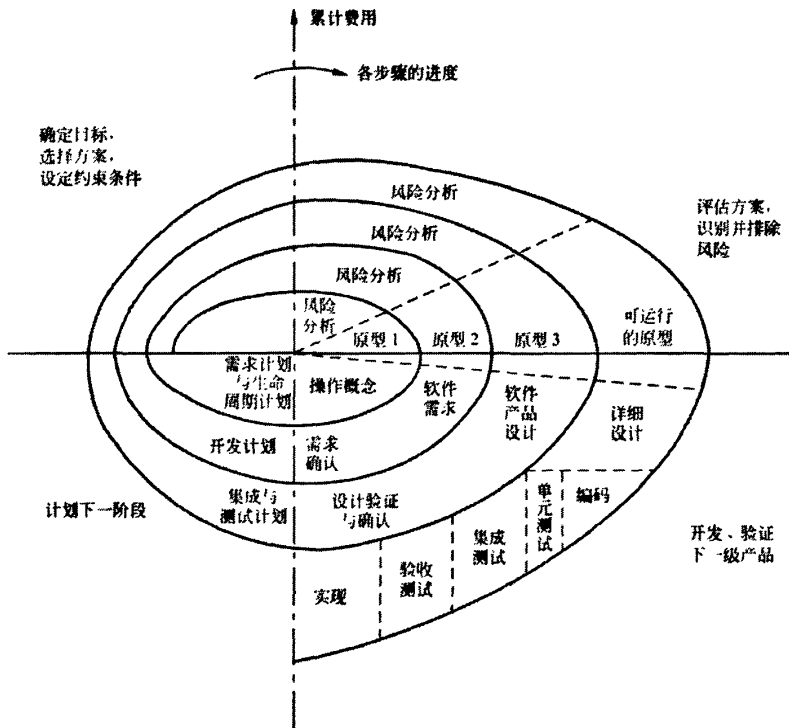


图 4-5 螺旋模型

螺旋模型沿螺旋线由内向外的每旋转一圈，将开发出一个更为完善的软件版本。在螺旋模型开发过程中，开发者能通过原型更早的评估风险，可以开发的早期认识并处理开发过程中面临的问题和困难。

4.2.5 喷泉模型

喷泉模型（Fountain Model）是一种面向对象的软件模型，它是由用户的需求驱动的，并且把软件开发过程看作是无间隙的，开发过程各阶段是相互迭代的。由于喷泉模型各阶段没有明显的界限，开发人员无需等到分析活动结束后才开始设计和编码，开发人员有分析过程同时可以进行编码。这样可以极大地缩短项目开发周期。喷泉模型各阶段没有明显的界限会导致项目开发过程不明确，因此要对开发过程文档进行严格管理。

4.2.6 混合模型

混合模型（Hybird Model）同时使用几种不同的开发模型，它可以根据项目的实际，调整项目的开发过程，通过不同的开发模型，有效解决项目中的问题。实际项目开发过程大多使用混合模型。

4.3 LabVIEW 项目管理器

利用 LabVIEW 项目管理器（Project Explorer），用户可以很方便的管理项目文档，发布共享变量，进行应用程序部署等。通过 LabVIEW 项目管理器，用户可以很直观的管理项目文档。如图 4-6 所示，在示例项目中，可以看到“我的电脑”，“依赖关系”，“程序生成规范”三个标题。其中：

我的电脑——本地计算机中的文件、文件夹或控件等；

依赖关系——包含项目中所使用到的文件，并且这些文件没有被包含在“我的电脑”文件夹中；

程序生成规范——生成动态链接库、可执行程序或安装程序包的配置文件。



图 4-6 LabVIEW 项目管理器

LabVIEW 项目管理器中的文件组织结构可以是虚拟文件组织, 将硬盘中不同位置的文件组织到一起, 方便文件管理。

① 编写大型项目程序时, 需对软件开发任务进行分工, 这就要用到 LabVIEW 项目库。利用 LabVIEW 项目库可轻松实现模块化程序开发, 多位开发人员可以共享程序模块, 还可以选择隐藏模块细节。这样可以加快程序开发进度。项目库是一个包含 VI, Type Definitions, 共享变量以及其它任何文件的虚拟集合。项目库有两个方面的作用:

- 1) 提供独立的命名空间, 即不同项目库的 VI 可以使用相同名称;
- 2) 为 VI 提供权限控制, 即可定义项目库中的 VI 为私有 VI 或者公有 VI, 公有 VI 可以被任何其它 VI 调用, 私有 VI 只能被同一项目库的 VI 调用。

4.4 无线通信模块

跑偏测试系统的软件可根据系统硬件构成及软件功能进行划分并定义成 4 个项目库: 无线网络通信模块、图像采集和处理模块、生产网络通信模块和主程序模块。前 3 个模块是可以独立运行的程序 (VI), 主程序通过调用这 3 个独立的 VI, 完成跑偏测试功能。即通过模拟发送测试信号, 图像采集和处理模块可独立完成图像采集和处理任务。通过把系统软件分解成各独立模块, 符合开发人员的软件开发习惯, 有利于开发人员之间的分工协作, 在系统整合之前可完成对各模块的单独调试, 直接定义软件错误到各模块, 方便系统运行阶段的维护。

无线通信模块是跑偏测试系统的辅助功能模块, 它是测试人员与跑偏测试系统交互的桥梁。无线通信模块要完成的任务有:

- 1) 传送测试人员启动测试指令: 测试人员在跑偏测试区前, 按下手持终端上的回车键, 发送带测试车辆 VIN 的测试指令, 无线通信模块对指令进行分析处理, 启动图像采集和处理模块, 以采集测试车辆图像并计算车辆行驶跑偏结果。
- 2) 接收跑偏测试结果: 车辆在驶出跑偏测试区后一段距离, 无线通信模块会传回计算完成的当前测试结果, 整个测试流程结束。

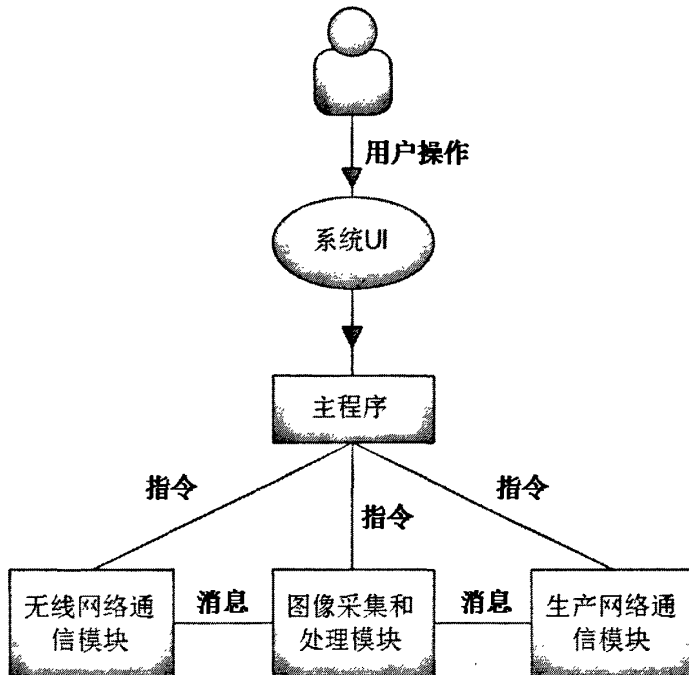


图 4-7 测试系统的软件构成

4.4.1 通信协议的选择

由于无线手持终端采用的是 windows mobile 操作系统，不支持 LabVIEW 平台，因此需要 LabVIEW 与不同编程语言程序进行网络通信。这就需要使用更为通用的网络协议，如 TCP 和 UDP 协议。

TCP (Transmission Control Protocol, 传输控制协议) 是一个面向连接的协议，允许从一台计算机发出的字节流无差错地发往目标计算机。TCP 传输数据过程为：建立逻辑连接，传输数据，释放。TCP 连接的特点：

- 1) 面向连接的传输；
- 2) 端到端的通信
- 3) 高可靠性，确保传输数据的正确性，不出现丢失或乱序；
- 4) 全双工方式传输；
- 5) 采用字节流方式，以字节为单位传输字节序列；
- 6) 紧急数据传送功能。

UDP (User Datagram Protocol, 用户数据报协议) 提供面向事务的不可靠的信息传送服务。UDP 是无连接协议, 所以 UDP 无法保证数据报的可靠传递和验证数据报的顺序。

对比 TCP 和 UDP 协议, 选择 TCP 作为系统无线传输协议。因为 TCP 协议可以保证跑偏测试指令准确可靠的传达, 并且利用队列连接, 可以实现 TCP 一点对多点拼接, 这对系统按照新车下线节奏进行流程测试是至关重要的。

4.4.2 LabVIEW 的 TCP 函数

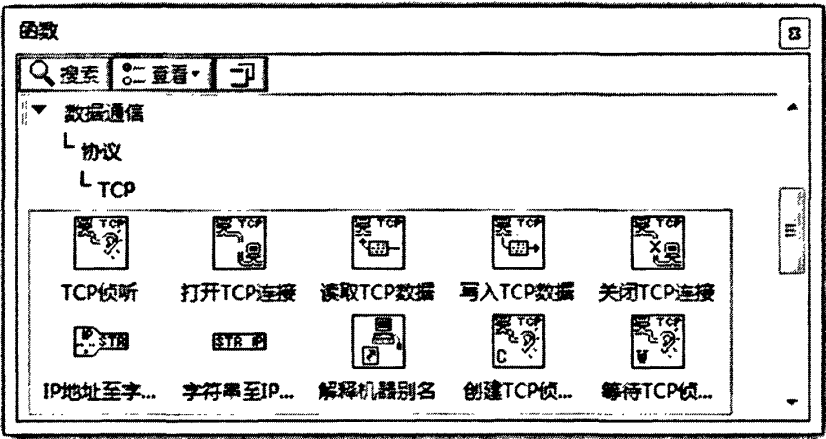


图 4-8 TCP 函数面板

LabVIEW 中 TCP 函数面板位于“数据通信—协议—TCP”下, 如图 4-8 所示。通过这些函数可以实现类似于文本编程语言的 TCP 数据通信功能。表 4-1 为 LabVIEW 中 TCP 函数:

表 4-1 TCP 函数

函数名称	功能
TCP 侦听	在指定端口创建一个监听端, 等待客户端连接
打开 TCP 连接	打开与远程服务器的连接
读取 TCP 数据	从指定的 TCP 端口读取数据
写入 TCP 数据	向指定的 TCP 端口写入数据

关闭 TCP 连接	关闭指定的 TCP 连接
IP 地址至字符串转换	将 IP 地址（数据类型）转换为字符串
字符串至 IP 地址转换	将字符串转换为 IP 地址
解析机器别名	解析计算机别名，以获得其 IP 地址
创建 TCP 侦听器	在指定端口创建一个监听端
等待 TCP 侦听器	在指定端口等待客户端的连接

4.4.3 无线通信模块程序结构

下线车辆进行驶跑偏测试时，车辆行驶至跑偏测试区域前 100 米左右时，测试人员按下手持无线终端上的“回车键”，手持无线终端发送启动测试指令到测试主机。测试人员操作手持无线终端过程中测试车辆一般按设定车速直线行驶，从测试人员按下“回车键”到车辆行驶至跑偏测试区域的时间很短。

在车辆驶出跑偏测试区，测试主机需对测试图像进行处理，在车辆驶离跑偏测试区约 1S 后，测试主机会发送跑偏测试结果到手持终端。由于无线网络信号不能够完全覆盖户外试车道，可能出现汽车驶出跑偏测试区后网络断开的情况，这时为使结果送达手持终端，需对测试结果进行多次发送，直到确认手持终端收到测试结果。

无线通信模块应具备一定的规避测试人员操作错误的能力。如跑偏测试区域有车辆正在测试时，后方车辆按下“回车键”，测试主机应对后方车辆测试请求进行处理，返回消息“系统忙”，提示测试人员测试请求失败。

通过以上三个方面的分析，无线通信模块应完成以下功能：

- 1) 能及时可靠的传送测试指令；
- 2) 测试结果应能多次发出，以保证测试人员能知晓跑偏测试结果，对不合格车辆进行返修重检；
- 3) 测试主机应能同时与多个手持终端进行通信，并对多个手持终端进行区分，保证测试结果与测试车辆正确对应。

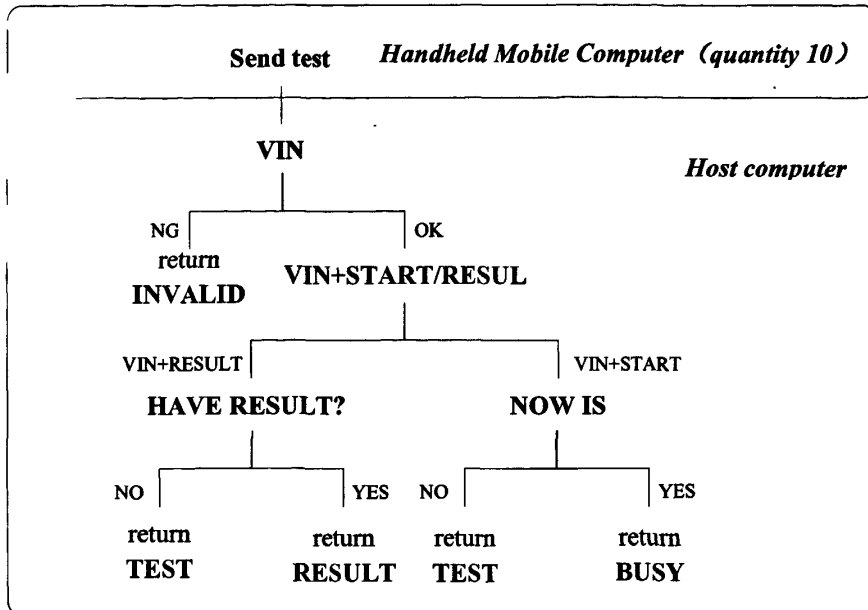


图 4-9 无线通信模块消息处理过程

4.4.3.1 无线通信模块消息定义

因无线通信模块是基于 TCP 的一对多通信模型，因此把测试主机作为服务器端（Server），手持终端作为客户端（Client），方便对多个手持终端进行管理。这样每次进行数据通信都是手持终端主动向测试主机发起连接请求，测试主机针对当前系统状态（测试中或空闲）向手持终端返回不同的指令。手持终端也针对自身测试状态向测试主机发送不同的请求消息，代表着当前手持终端是否为正在测试的手持终端。如图 4-9 为手持终端向测试主机发送请求消息，测试主机根据不同消息及测试状态回复不同的指令。

1) 手持终端请求连接指令格式：

a, VIN+TEST——请求开始测试，一旦测试请求获准，转换发送 VIN+RESULT;

b, VIN+RESULT——当前车辆正在进行测试，等待收取测试结果。

2) 测试主机回复指令格式：

a, VIN+INVALID——当前车辆 VIN 无效，测试请求不被允许；

b, VIN+TEST——允许测试，系统转入测试状态；

c, VIN+BUSY——有其它车辆正在测试, 测试请求不被允许。

4.4.3.2 一点对多点通信

一点对多点通信可用以下三种方式实现:

1) 为每个手持终端定义不同的服务器端口, 通过监听不同的端口, 可实现测试主机与多个手持终端通信, 收发测试指令。如图 4-10 所示, 如果跑偏测试系统有 3 个测试人员参与测试, 需为 3 台手持终端定义 3 个不同的服务器端口, 各手持终端利用独立的通信程序进行通信。图中“接收和发送指令”方块中, 可以利用全局变量或局部变量传递系统测试状态 (测试中或空闲), 以协调各手持终端。

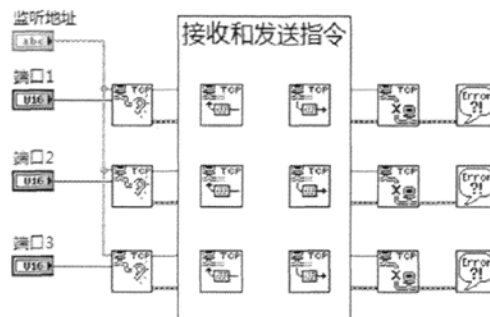


图 4-10 定义不同服务器端口

2) 利用队列技术对各手持终端连接进行逐个处理, 实现一对多 TCP 通信。如图 4-11 所示, 程序框图下方的循环处理手持终端的连接请求, 手持终端连接成功后, 把连接 ID 加入队列。然后通过上方 FOR 循环结构读出队列中的连接 ID, 逐个处理各手持终端的请求指令。如某个手持终端的连接发生错误 (如连接断开), FOR 循环中的 CASE 结构会清除已经发生错误的连接, 保证其它手持终端的正常通信。如需关闭无线通信模块, 在程序框图的最右测, 再次通过 FOR 循环, 逐个结束队列中的各手持终端连接, 释放系统资源。

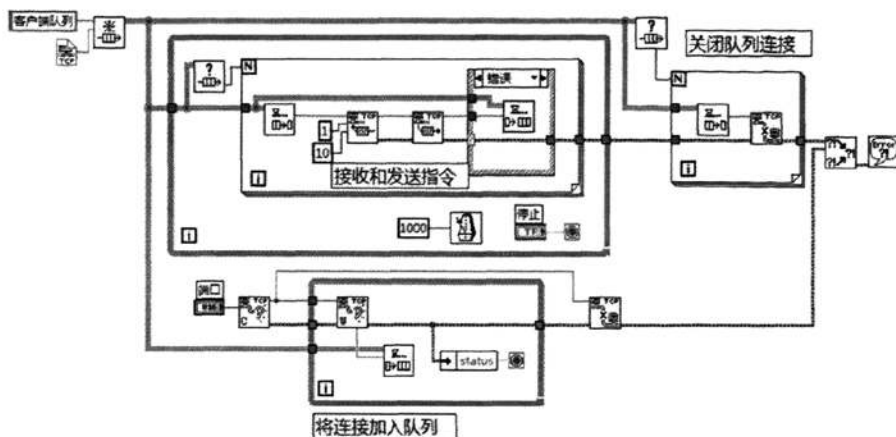


图 4-11 队列技术

3) 手持终端每次连接并收发一次数据后主动断开连接，改变手持终端与主机长时间保持连接的状态，并且手持终端与测试主机的交互指令很短，每次数据通信占用极短的时间，这样可实现测试主机与多个手持终端的通信。在每次发送数据前进行连接，可最大限度的保证数据能够准确送达。

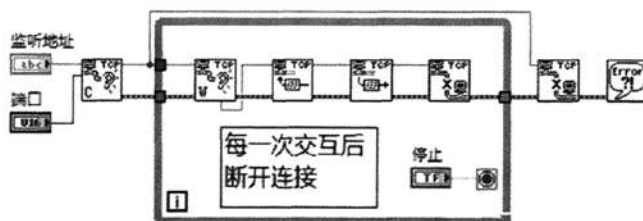


图 4-12 交互一次后断开连接

对比以上三种方案，方案一的程序结构比较臃肿，如果对应的手持终端有 10 台，主机程序必须对 10 个服务器端口进行监听。并且程序的灵活性和扩展性不够，须对各手持终端程序设置不同的端口，这样不利于系统维护。如果要对跑偏测试系统进行升级，增加手持终端数量，则须对测试主机程序进行更改。方案二可以较好的处理方案一中的问题，系统资源占用也较方案一小。通过制定适合方案二的通信协议，可以满足测试系统要求。方案三程序结构简单，并且可有效避免无线通信过程中因网络不稳定带来的连接中断，即不需为此在手

持终端上编写复杂的处理程序。因此，测试系统选择方案三作为无线通信模块方案。

4.4.3.3 测试请求指令

测试请求指令格式及判定如图 4-9 所示，请求测试的手持终端发送指令格式为 VIN+START，测试中的手持终端发送指令格式为 VIN+RESULT，请求测试及测试中的手持终端按一定间隔发送测试指令，分别表示请求开始进行跑偏测试和等待索取测试结果。因此无线通信模块须对指令进行分析判定，回复不同的消息，执行不同的程序。用 CASE 结构可以实现上述功能。

从图 4-9 中可以看出，无线通信模块需使用 4 层嵌套的 CASE 结构，如果不对 CASE 结构进行分析和组合，程序条理不清晰，可读性较差，不便于程序的修改及维护。现可以定义一个二维数组，数组中的第一列为原 CASE 结构 4 层分支的组合，第二列为新的 CASE 结构判定条件，重新定义之后将会使程序结构清晰明了。表 4-2 对原 CASE 结构重新定义如下，对每层 CASE 分支分别定义一个二进制位，这样 4 层分支需 4 个二进制位与其对应。第一位为 VIN 检查，检查有效为 1，否则为 0；第二位为判断收到的消息为 VIN+START 还是 VIN+RESULT，当消息是 VIN+START 时对应位为 1，否则为 0；第三位为测试状态，当系统正在测试为 1，空闲为 0；第 4 位为当前请求结果的 VIN 是否有测试结果，有结果为 1，无结果为 0。

表 4-2 CASE 结构重定义

VIN CHECK	VIN+START/RESULT?	NOW IS TESTING?	HAVE RESULT?
VALID--1	VIN+START--1	YES--1	YES--1
INVALID--0	VIN+RESULT--0	NO--0	NO--0

现定义新的 CASE 结构判定条件如下：

- A——VIN 检查无效，返回 VIN+INVALID 到手持终端；
- B——当前 VIN 正在测试，等待测试结果，返回 VIN+TEST 到手持终端；
- C——当前 VIN 测试完成，返回 VIN+RESULT 到手持终端；
- D——系统空闲，允许测试，返回 VIN+TEST 到手持终端；
- E——其它车辆正在测试，返回 VIN+BUSY 到手持终端。

按照新的判定条件来定义的 CASE 结构，只需一层结构即可对主机返回到

手持终端的消息进行处理。两种 CASE 结构之间的判定条件映射表如表 4-3 所示。

表 4-3 新旧判定条件映射

旧条件	新条件	旧条件	新条件
0000	A	1000	B
0001	A	1001	C
0010	A	1010	B
0011	A	1011	C
0100	A	1100	D
0101	A	1101	D
0110	A	1110	E
0111	A	1111	E

4.5 图像采集和处理模块

图像采集和处理模块要实现的功能是按照系统要求采集高质量的测试车辆图像，并借助于光学标志提取到测试车辆的坐标。为获得高质量的测试图像，除去相机、光电开关、辅助照明装置等硬件保证，还需利用图像采集模块对相机参数进行正确配置，如曝光时间、光电开关触发选择、图像增益，以及相机打开和关闭时刻控制等。高质量的测试图像是光学标志准确提取的重要方面，但由于夏季正午光照过强，晚间光照过暗，并且由于户外建筑阴影的影响，即使调节相机的曝光时间和控制相机成像增益，也不能保证总获得亮度均匀、质量稳定的测试图像。为此，图像处理模块需对图像进行预处理，设定合理的图像匹配参数，才能实现对光学标志的准确提取，保证测试结果的精确。

4.5.1 LabVIEW 的图像处理函数

LabVIEW 拥有丰富的图像处理函数，可轻松完成诸如图像采集，图像预处理、边缘检测、模板匹配、几何匹配、目标检查、几何测量等任务。通过组合 LabVIEW 的图像处理函数，可实现复杂的图像处理任务。使用 LabVIEW 图像处理函数最大的优势在于，只需对函数输入参数进行简单配置，无需进行复杂的编程，就可以实现特定图像采集和图像处理功能。LabVIEW 图像处理函数位

于函数面板的“视觉与运动”目录下，如图 4-13 所示：

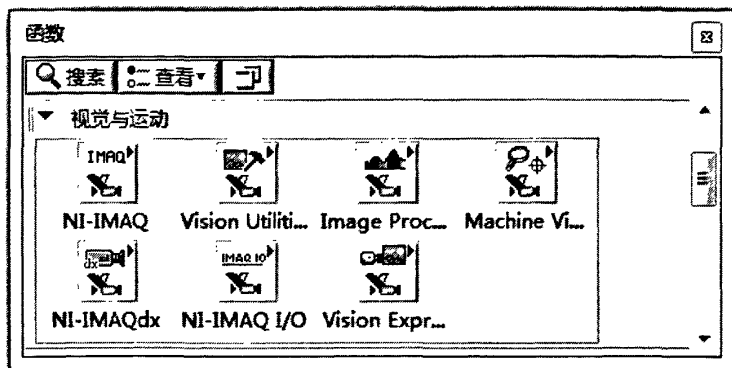


图 4-13 视觉与运动函数

LabVIEW 图像处理函数有如下 7 大类处理函数：

NI-IMAQ——配置图像采集系统；

Vision Utilities——创建图像和图像操作；

Image Processing——图像处理，如图像分析、滤波等；

Maching Vision——用于执行一般机器视觉检查任务，如尺寸检测，模板匹配；

NI-IMAQdx——配置图像采集系统和相机参数；

NI-IMAQ I/O——配置 IMAQ I/O 设备；

Vision Express——快速配置图像采集和处理系统。

4.5.2 图像采集程序

图像采集程序负责对工业相机进行正确设置，完成图像采集任务。在实现图像采集之前，需保证相机与测试主机的物理连接正常。然后，利用 Measurement & Automation 软件对相机默认采集参数进行设置，手动抓拍图像确认相机参数设置正确，保存后退出。这样在完成对相机必要配置后，就可以在 LabVIEW 开发环境编写图像采集程序，控制相机实现图像采集。

图 4-14 为简单的图像采集程序，只需进行几个简单的函数（IMAQdx Open Camera.VI, IMAQdx Snap.VI, IMAQdx Close Camera.VI）就可以对相机进行控

制，采集图像。

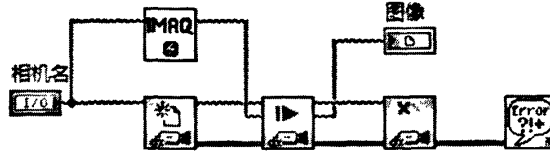


图 4-14 简单的图像采集程序

跑偏测试系统的图像采集模块除能够进行简单的图像采集外，还应具有以下基本功能：

- 1) 动态调节相机曝光时间和控制相机增益；
- 2) 触发控制，相机接收到光电开关触发信号后采集测试车辆位于相机下方的图像；
- 3) 提高系统抗干扰能力；
- 4) 测试图像按指定格式压缩存储。

动态调节相机曝光是应对户外环境光变化最为直接的办法，相机曝光时间应控制在合适的范围内。因跑偏测试是行驶中车辆进行测试，要避免运动模糊，否则会对后期图像处理产生影响。利用环境光传感器采集到的环境光强，调节相机曝光时间值。

借助于动态注册事件可实现车辆阻挡光电开关，触发相机拍照。并且可能动态注册用户事情，在遇到不合规程的测试过程中，及时关闭相机，避免对后续车辆测试产生影响。图 4-15 为跑偏测试程序中的动态注册事件应用，在接收到光电开关触发信号后，才运行函数 IMAQdx Get Image.VI，采集测试车辆图像。图 4-16 表示的是由于测试人员错误操作，按下手持终端“回车键”，而没有进行测试，CAM0（1#相机）超时，会产生一个用户事件，该用户事件产生后，不需等到控制各相机的事件结构超时，就可以关闭后面相机，避免系统等待时间过长而影响后续车辆测试。

相机的顺序开启可以利用 LabVIEW 顺序结构实现。结合 LabVIEW 语言的特点，数据严格按照连线传递，可以把 1#相机采集程序最后的错误输出连接引至相机 2#相机触发输入处，同理把 2#相机最后的错误输出连接引至相机 3#相机触发输入处，可以达到系统测试要求。

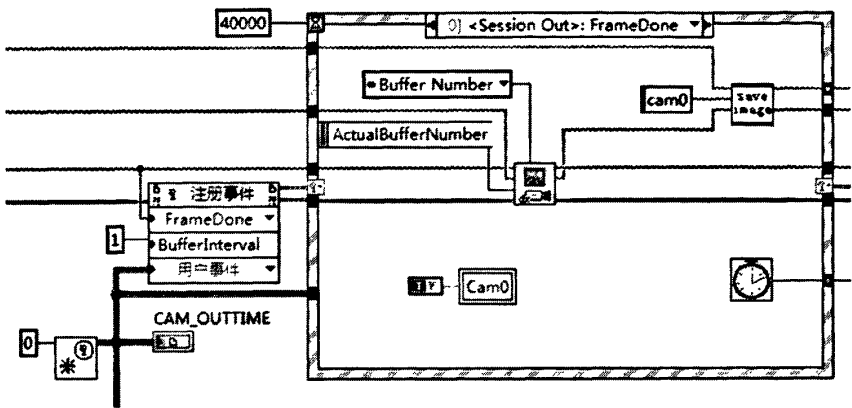


图 4-15 动态注册事件

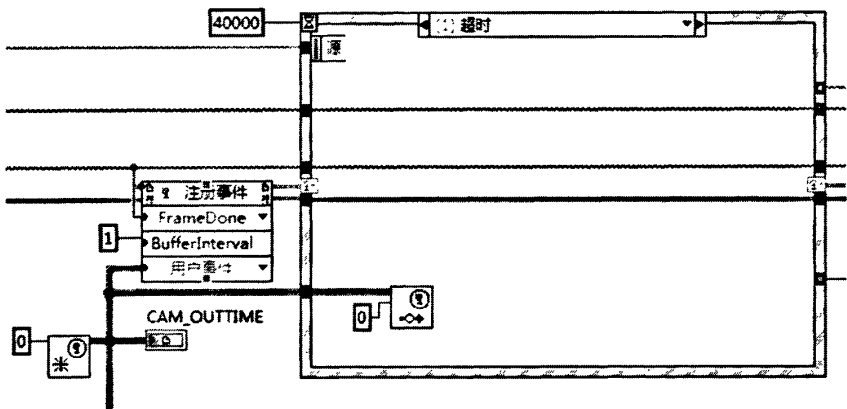


图 4-16 用户事件

图像存储程序如图 4-17 所示，在存储图片之前，先查找图片存储目录，如目录不存在，则自动建立图片存储目录。然后调整函数 IMAQ Write File.VI 的多态接线端，选择 JPEG 格式，就可将图片存储为 JPG 格式（压缩图片格式），这样可最大限度的节省磁盘空间。

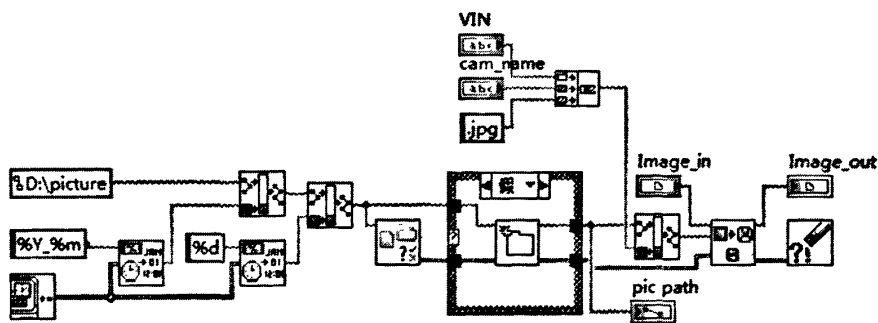


图 4-17 图片存储

4.5.3 图像处理程序

图像处理程序包括图像预处理程序和光学标志匹配程序两个部分。图像预处理程序主要是对图像进行平滑滤波处理，对于夜晚的测试图像，可以利用 IMAQ Add.VI，先对图像作叠加，后进行平滑滤波处理。图像预处理的作用是在不损害图像特征的前提下，排除图像中和噪点，为光学标志匹配做准备。光学标志匹配程序主要是利用 LabVIEW 几何特征匹配函数实现光标点像素坐标的提取，再通过标定程序即可测量到测试车辆在 CCD 下的物理坐标。

4.6 生产网络通信模块

生产网络通信模块是为了实现跑偏测试系统并网测试，作为新车下线测试的终检项目之一。生产网络通信模块的功能实现依赖于跑偏测试系统的数据库，在车辆测试之前，生产网络发送测试车辆 VIN 数据到跑偏测试系统，只有发送过的 VIN 才能参与测试，并且不允许测试合格 VIN 再次测试。VIN 测试合格后，系统将发送合格信息到生产网络。系统通过数据库中定义状态字来区分车辆测试情况，如表 4-5 所示：

表 4-5 测试状态数据库定义

STATUS（状态字）	测试状态
0	未测试
1	测试完成，未发送合格信息到生产网络
2	测试合格，已发送合格信息到生产网络

4.7 主程序模块

主程序模块是系统控制模块，协调其它各模块实现各自功能，并为跑偏测试系统用户操作界面提供后台程序支撑，实现测试数据显示、用户系统配置、数据查询等功能。用户与系统交互都是通过主程序模块实现的，是系统设计人性化与否重要方面；作为系统功能实现的主体，主程序模块也是保证系统各模块实现设计要求的重要环节。

主程序模块功能要点：

- 1) 动态调用上述三个模块，在系统不关闭条件下设置它们的测试参数；
- 2) 显示系统测试 VIN 和结果，实现用户界面选项卡切换；
- 3) 系统数据查询功能。

4.7.1 VI 动态调用

LabVIEW 可以通过 Call By Reference Node 函数或 VI Reference 方法节点实现 VI 动态载入，VI 方法节点载入，可以更加灵活地控制动态载入的特性。例如，可以设定是否打开载入 VI 的前面板，是否等待 VI 运行完成。使用动态载入 VI，可以更方便地对程序模块进行控制。图 4-18 所示为动态调用“通信 AP.VI”，并且设置为不打开前面板，保持程序后台运行。

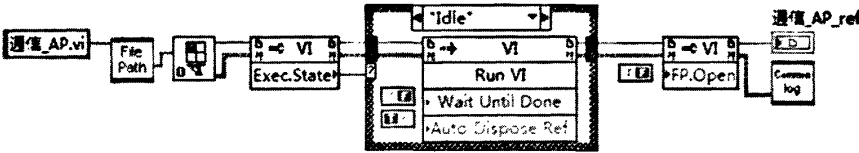


图 4-18 VI 动态调用

用户设置无线通信模块或生产网络模块参数时，因它们运行过程中会使用配置文件，造成配置文件修改错误，需临时关闭两模块。这时可使用两模块的 Reference（引用）的局部变量来关闭。如图 4-19 所示：

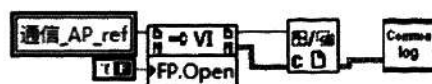


图 4-19 利用 Reference 关闭 VI

4.7.2 用户界面

用户界面最基本的功能是实现用户的操作需求，强调易用性，并且还要给人以好的观感，这就需要对界面控件进行合理布局，根据用户要求和使用习惯，突出强调重要数据和功能。跑偏测试系统的用户界面如图 4-20，4-21，4-22 所示：

图 4-20 当前测试



图 4-21 记录查询

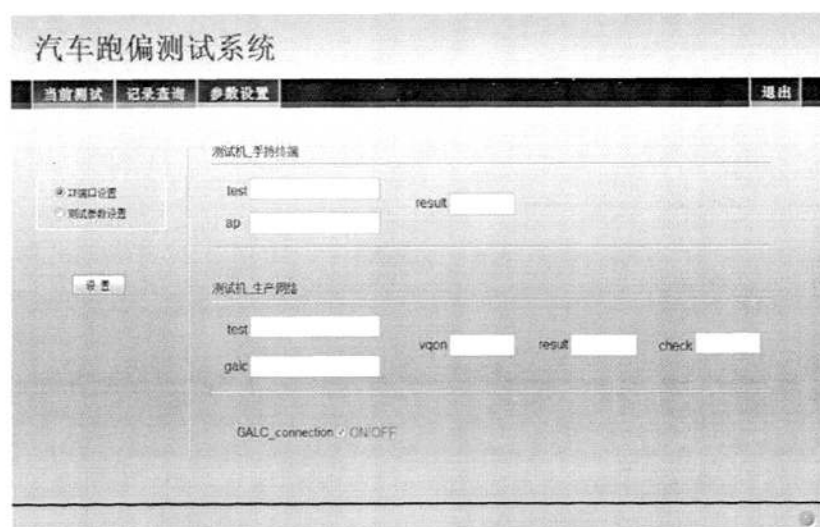


图 4-22 参数设置

跑偏测试系统的用户界面有“当前测试”、“记录查询”、“参数设置”三个选项卡组成。当前测试显示的是当前正在进行检测的车辆信息；记录查询

选项卡用以完成测试记录查询操作，可以按照结果类别和测试时间筛选测试数据；参数设置选项卡可以完成系统 IP 及对就测试判定参数的设置。

三项目卡之间的切换是通过选项目卡控制和事件结构来实现，利用事件结构捕获鼠标操作，即可实现对选项卡的控制。

4.7.3 数据库查询

跑偏测试系统的数据库程序是使用开源的数据库访问工具 LabSQL 编写。LabSQL 可以完成一系列的 ADO 操作，LabSQL 函数功能分为三类：Connection, Command, Recordset。Connection 函数用于管理 LabVIEW 与数据库的连接；Command 函数用于对数据库属性进行读写操作；Recordset 函数用于对数据库中的记录进行读写、修改、删除等操作。

SQL 语句举例：

Select 语句：SELECT 列名称 FROM 表名称

Insert 语句：INSERT INTO 表名称 VALUES (值 1, 值 2,...)

Update 语句：UPDATE 表名称 SET 列名称 = 新值 WHERE 列名称 = 某值

Delete 语句：DELETE FROM 表名称 WHERE 列名称 = 值

排序语句：SELECT Company, OrderNumber FROM Orders ORDER BY Company

图 4-25 为利用 LabSQL 实现从数据库中查找列 Num 值小于 10 的记录，并返回表中所有列。

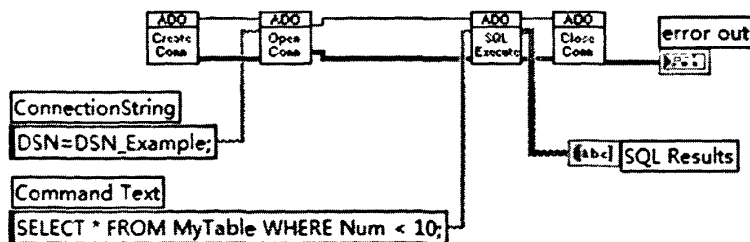


图 4-24 数据查找

4.8 软件测试

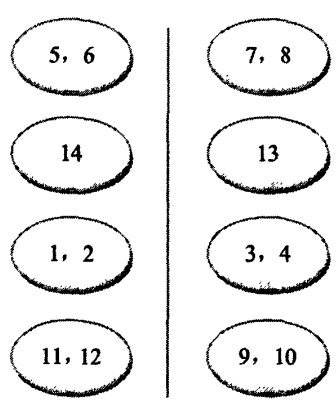
软件测试包括编码和单元测试和综合测试，针对跑偏测试系统的特点，主要进行单元测试包括图像采集和处理模块功能测试、无线通信模块功能测试、生产网络通信模块功能测试及生产网络通信模块压力测试。综合测试则主要是对封装好的跑偏系统软件进行功能测试及压力测试。

现列举软件测试过程中的图像采集和处理模块功能测试和系统功能测试：

1) 图像采集和处理模块功能测试

在 CCD 下方测试车辆上选定几个物理坐标已知的测试参考点，在参考点上放置光学标志。通过图像采集和处理模块采集光标图像、提取光学像素坐标并转换成物理坐标，对比转换坐标与已知参考点，来检验程序是否能够完成对光标的准确提取。表 4-6 为 1#龙门架处的坐标对比数据，由此可以看出图像采集和处理模块可以实现对光标的准确提取。

表 4-6 坐标数据对比

编号	实测坐标	提取坐标	 参考点方位分布	
1	-100	-100		
2	-200	-200.1		
3	100	99.9		
4	200	200.1		
5	-100	-99.8		
6	-200	-199.8		
7	100	100.5		
8	200	200.4		
9	100	100.2		
10	200	199.9		
11	-100	-99.7		
12	-200	-199.9		
13	155	155.3		
14	-150	-149.7		

2) 系统功能测试

系统功能测试是对跑偏测试系统软件进行全面测试，也就是基于生产环境的测试，通过手持终端发送测试 VIN，通知系统开始测试，再到系统在测试完成后反馈测试结果到手持终端，最后发送车辆测试合格信息到生产网络。

图 4-26 为某测试车辆进行跑偏测试时的软件截屏：被试车辆的 VIN 尾号为

“1983”，测试结果“合格”，跑偏量为“0”。

VIN	395081983				
测试结果 (OK/NG)	OK	跑偏量 (mm)	0	跑偏方向 (L/R)	L
准备区车速 (km/h)	10.3	测试区车速 (km/h)	48.0	跑偏角 (mrad)	0.000

图 4-26 测试系统运行测试

第五章 相机标定方法分析

相机标定就是为实现 CCD 采集测试图像坐标与测试车道物理坐标转换。跑偏测试系统测试方法属近景摄影测量，即通过摄影手段以确定（地形以外）目标的外形和运动状态的学科分支。通过前面章节分析可知，近景摄影测试是一种非接触式测量手段，适合于动态物体外形和运动状态测定。使用近景摄影测量必然涉及到控制点的测定和图像的解析处理等。

5.1 相机标定控制点布置

控制点通常是在被测试目标上或其周围测定的已知坐标的标志点。借助控制点或相对控制，把近景摄影测量网纳入到给定的物方空间坐标系，是近景摄影测量中的进行控制测量的主要目的。跑偏测试系统的控制点应布局在 CCD 下面，并且应该能够覆盖跑偏测试量程区域。这样可以通过控制点更精确的计算进行坐标转换。对于跑偏测试系统，如欲对相机进行更换操作，CCD 需重新进行标定。通过设置永久控制点，对控制点进行一次测定，就可对 CCD 进行重新标定。

按照测试要求的不同，控制点可以分为一维控制点、二维控制点和三维控制点。三维控制点的测定，一般采用经纬仪或测距仪，对于某些精度上有特殊要求的场合，可以采用一些非常规方法进行测量。跑偏测试系统采用的是三维控制点，使用全站仪对控制点进行测试。

控制点的精度可以由式 5-1 得出：

$$m^2 = \sqrt{m_k^2 + m_s^2} \quad (5-1)$$

式中： m_k 为控制点坐标误差， m_s 为摄影测量误差。

为使控制点坐标误差 m_k 不影响待定点坐标误差 m ，取

$$m_k < \frac{1}{3} m_s \quad (5-2)$$

因此，为使控制点误差不影响跑偏测试精度，应使控制点坐标误差小于 1mm。

5.2 图像解析处理方法

近景摄影测量中的解析处理方法主要基于共线方程式、共面方程式和角锥体原理。其中基于共线方程式的解析处理方法又有多片空间前方交会解法、单像空间后方交会解法、光线束平差解法和直接线性变换解法等多种处理方法。

5.2.1 共线方程式

共线方程式是描述像点、投影中心点以及物方点应位于一直线上的一种条件方程式。

现已知某像点 a 在像空间坐标系 S -xyz 内的坐标 $(x, y, -f)$ ，如图 5-1 所示，需求解 a 在坐标系 S -XYZ 内的坐标 (u, v, w) 。

从坐标系 S -xyz 到 S -XYZ 可延坐标轴顺序旋转三个角度 $(\varphi \rightarrow \omega \rightarrow \kappa)$ 得到。

像点 a 在 S -XYZ 中的坐标表达式为：

$$\begin{aligned}
 \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} &= R_\varphi R_\omega R_\kappa \begin{bmatrix} x \\ y \\ -f \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} x \\ y \\ -f \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} \cos \varphi & 0 & -\sin \varphi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \varphi & 0 & \cos \varphi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega & -\sin \omega \\ 0 & \sin \omega & \cos \omega \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \varphi & -\sin \kappa & 0 \\ -\sin \kappa & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ -f \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ -f \end{bmatrix} \tag{5-3}
 \end{aligned}$$

上式中：

$$a_1 = \cos \varphi \cos \kappa - \sin \varphi \sin \omega \sin \kappa$$

$$a_2 = -\cos \varphi \sin \kappa - \sin \varphi \sin \omega \cos \kappa$$

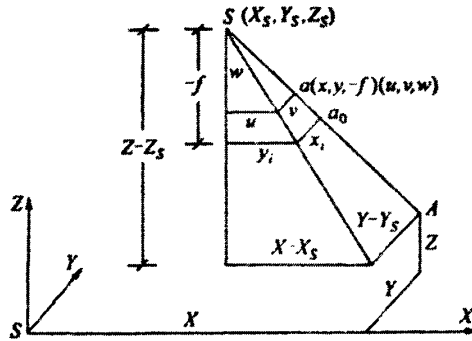


图 5-1 共线方程式示意图

$$a_3 = -\sin \varphi \cos \omega$$

$$b_1 = \cos \omega \sin \kappa$$

$$b_2 = \cos \omega \cos \kappa$$

$$b_3 = -\sin \omega$$

$$c_1 = \sin \varphi \cos \kappa + \cos \varphi \sin \omega \sin \kappa$$

$$c_2 = -\sin \varphi \sin \kappa + \cos \varphi \sin \omega \cos \kappa$$

$$c_3 = \cos \varphi \cos \omega$$

对式 5-3 进行变换可得

$$\left. \begin{aligned} x &= -f \frac{a_1(X-X_s) + b_1(Y-Y_s) + c_1(Z-Z_s)}{a_3(X-X_s) + b_3(Y-Y_s) + c_3(Z-Z_s)} \\ y &= -f \frac{a_2(X-X_s) + b_2(Y-Y_s) + c_2(Z-Z_s)}{a_3(X-X_s) + b_3(Y-Y_s) + c_3(Z-Z_s)} \end{aligned} \right\} \quad (5-4)$$

式 5-4 为共线方程式， x 式和 y 式分别是两个平面方程，两平面方程的交线为一直线，并且此直线同时经过像点、投影中心点和物点。式 5-4 加入主点坐标和系统误差改正值后变为：

$$\left. \begin{aligned} x - x_0 + \Delta x &= -f \frac{a_1(X-X_s) + b_1(Y-Y_s) + c_1(Z-Z_s)}{a_3(X-X_s) + b_3(Y-Y_s) + c_3(Z-Z_s)} \\ y - y_0 + \Delta y &= -f \frac{a_2(X-X_s) + b_2(Y-Y_s) + c_2(Z-Z_s)}{a_3(X-X_s) + b_3(Y-Y_s) + c_3(Z-Z_s)} \end{aligned} \right\} \quad (5-5)$$

式中主点坐标值为 (x_0, y_0) ，系统误差改正值为 $(\Delta x, \Delta y)$ 。

共线方程可以用来解算以下五类未知数：

- 1) 解算相机外方位元素，解析算法：空间后方交会算法；
- 2) 解算相机内方位元素，解析算法：空间后方交会算法、光线束解法；
- 3) 解算物方空间坐标，解析算法：空间前方交会算法、光线束解法；
- 4) 解算像点坐标，解析算法：逆反摄影测量、光线束解法；
- 5) 解算系统误差，自检校光线束解法；

跑偏测试系统在主要是利用解析算法把图像像点坐标转换为物方空间坐标，即物理坐标，以计算汽车的行驶跑偏量。

5.2.2 共面方程式

共面方程式是描述像片对内摄影基线以及同名光线应位于同一平面的一种条件方程式。依据共面方程式，利用像片对内影像的内在关系，可直接构成与被摄物体相似的几何模型。共面方程式示意图如图 5-2 所示，在摄影测量坐标系 S_1 -XYZ 内，若左像片 P_1 （左光束）的位置已设定，并且右光束的位置与朝向也已正确，矢量 \mathbf{b} ， $S_1\mathbf{m}_1(R_1)$ ， $S_2\mathbf{m}_2(R_2)$ 应满足共面条件，它们的混合积应为零：

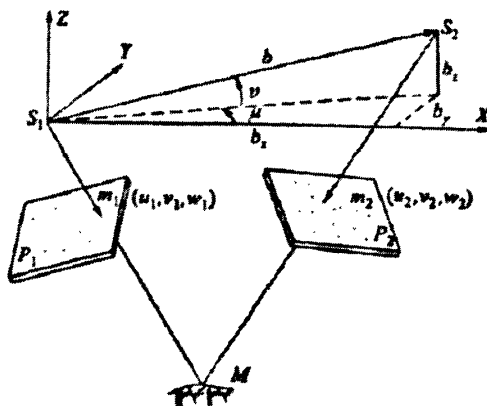


图 5-2 共面方程式示意图

$$F = \mathbf{b} \cdot (\mathbf{R}_1 \times \mathbf{R}_2) = 0 \quad (5-6)$$

用行列式表示为：

$$F = \begin{vmatrix} b_x & b_y & b_z \\ u_1 & v_1 & w_1 \\ u_2 & v_2 & w_2 \end{vmatrix} = b_x \begin{vmatrix} v_1 & w_1 \\ v_2 & w_2 \end{vmatrix} - b_y \begin{vmatrix} u_1 & w_1 \\ u_2 & w_2 \end{vmatrix} + b_z \begin{vmatrix} u_1 & v_1 \\ u_2 & v_2 \end{vmatrix} = 0 \quad (5-7)$$

式中 (u_1, v_1, w_1) 和 (u_2, v_2, w_2) 和小值一次项表达式为：

$$\begin{pmatrix} u_1 \\ v_1 \\ w_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -\kappa_1 & -\phi_1 \\ \kappa_1 & 1 & \omega_1 \\ \phi_1 & \omega_1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ -f \end{pmatrix} \quad (5-8)$$

$$\begin{pmatrix} u_2 \\ v_2 \\ w_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -\kappa_2 & -\phi_2 \\ \kappa_2 & 1 & \omega_2 \\ \phi_2 & \omega_2 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ -f \end{pmatrix} \quad (5-9)$$

5.2.3 直接线性变换解法

直接线性变换解法（Directory Linear Transformation）是建立像点坐标仪坐

标和相应物点物方空间坐标之间直接的线性关系的算法。直接线性变换特别适用于非量测摄影机图片的处理，如 CCD 摄像机。直接线性变换解法是同时求解外方位元素和内方位元素，控制点不能布设在任意方位的同一平面上，否则会引起解的不稳定。所以直接线性变换应均匀的布置控制点，使各控制点在像片构像范围越大越好。

式 5-10 为直接线性变换解法建立的像点坐标 (x, y) 与物方空间坐标的直接线性关系式：

$$\begin{cases} Xl_1 + Yl_2 + Zl_3 + l_4 + 0 + 0 + 0 + 0 + xYl_9 + xYl_{10} + xZl_{11} + x = 0 \\ 0 + 0 + 0 + 0 + Xl_5 + Yl_6 + Zl_7 + l_8 + yXl_9 + yYl_{10} + yZl_{11} + y = 0 \end{cases} \quad (5-10)$$

方程中有 11 个未知的 l 系数，因此需选择 6 个控制点构建 11 个方程来求解 l 系数。

$$\begin{pmatrix} X_1 & Y_1 & Z_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & x_1X_1 & x_1Y_1 & x_1Z_1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_1 & Y_1 & Z_1 & 1 & y_1X_1 & y_1Y_1 & y_1Z_1 \\ X_2 & Y_2 & Z_2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & x_2X_2 & x_2Y_2 & x_2Z_2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_2 & Y_2 & Z_2 & 1 & y_2X_2 & y_2Y_2 & y_2Z_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_6 & Y_6 & Z_6 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & x_6X_6 & x_6Y_6 & x_6Z_6 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} l_1 \\ l_2 \\ l_3 \\ l_4 \\ \vdots \\ l_{11} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ x_2 \\ y_2 \\ \vdots \\ x_6 \end{pmatrix} = 0 \quad (5-11)$$

对于多余控制点，设像点坐标观测值改正数为 (v_x, v_y) ，设像点坐标的非线性改正数为 $(\Delta x, \Delta y)$ ，则

$$\begin{cases} x + v_x + \Delta x + \frac{l_1X + l_2Y + l_3Z + l_4}{l_9X + l_{10}Y + l_{11}Z + 1} = 0 \\ y + v_y + \Delta y + \frac{l_5X + l_6Y + l_7Z + l_8}{l_9X + l_{10}Y + l_{11}Z + 1} = 0 \end{cases} \quad (5-12)$$

像点坐标误差方程式为：

$$\begin{cases} v_x = -\frac{1}{A} [l_1X + l_2Y + l_3Z + l_4 + l_9xX + l_{10}xY + l_{11}xZ + A(x - x_0)r^2k_1 + x] \\ v_y = -\frac{1}{A} [l_5X + l_6Y + l_7Z + l_8 + l_9yX + l_{10}yY + l_{11}yZ + A(y - y_0)r^2k_1 + y] \end{cases} \quad (5-13)$$

对于式 5-13，令

$$V = [v_x \quad v_y]^T$$

$$M = - \begin{pmatrix} \frac{X}{A} & \frac{Y}{A} & \frac{Z}{A} & \frac{1}{A} & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{xX}{A} & \frac{xY}{A} & \frac{xZ}{A} & (x-x_0)r^2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{X}{A} & \frac{Y}{A} & \frac{Z}{A} & \frac{1}{A} & \frac{yX}{A} & \frac{yY}{A} & \frac{yZ}{A} & (y-y_0)r^2 \end{pmatrix}$$

$$L = (l_1 \ l_2 \ l_3 \ l_4 \ l_5 \ l_6 \ l_7 \ l_8 \ l_9 \ l_{10} \ l_{11} \ k_1)^T$$

$$W = \begin{bmatrix} -\frac{x}{A} & -\frac{y}{A} \end{bmatrix}^T$$

则 5-13 式可以写作:

$$\begin{cases} V = ML - W \\ L = (M^T M)^{-1} M^T W \end{cases} \quad (5-14)$$

通过迭代运算, 即可计算出各 1 系数。

利用 LabVIEW 的 MathScript 节点编写的直接线性变换解算程序如下:

.....

```
%计算 L 近似值
for i=1:6
    A(2*i-1,1:11)=[X(i),Y(i),Z(i),1,0,0,0,0,x(i)*X(i),x(i)*Y(i),x(i)*Z(i)]
    A(2*i,1:11)=[0,0,0,0,X(i),Y(i),Z(i),1,y(i)*X(i),y(i)*Y(i),y(i)*Z(i)]
end
B=-1*[x(1),y(1),x(2),y(2),x(3),y(3),x(4),y(4),x(5),y(5),x(6)]
L=A(1:11,1:11)\B
%进行迭代, 计算 L
x0=-1*(L(1)*L(9)+L(2)*L(10)+L(3)*L(11))/(L(9)*L(9)+L(10)*L(10)+L(11)*L(11))
y0=-1*(L(5)*L(9)+L(6)*L(10)+L(7)*L(11))/(L(9)*L(9)+L(10)*L(10)+L(11)*L(11))
for i=1:14
    C(i)=L(9)*X(i)+L(10)*Y(i)+L(11)*Z(i)+1
    r(i)=sqrt((x(i)-x0)*(x(i)-x0)+(y(i)-y0)*(y(i)-y0))
    M(2*i-1,:)=1/C(i)*[X(i),Y(i),Z(i),1,0,0,0,0,x(i)*X(i),x(i)*Y(i),x(i)*Z(i),C(i)*(x(i)-x0)*r(i)*r(i)]
    M(2*i,:)=1/C(i)*[0,0,0,0,X(i),Y(i),Z(i),1,y(i)*X(i),y(i)*Y(i),y(i)*Z(i),C(i)*(y(i)-y0)*r(i)*r(i)]
    W(2*i-1)=-x(i)/C(i)
    W(2*i)=-y(i)/C(i)
end
W=W'
k=0
L=[L
```

```

k]
a=(L(1)*L(1)+L(2)*L(2)+L(3)*L(3))/(L(9)*L(9)+L(10)*L(10)+L(11)*L(11))-x0*x0
b=(L(5)*L(5)+L(6)*L(6)+L(7)*L(7))/(L(9)*L(9)+L(10)*L(10)+L(11)*L(11))-y0*y0
c=(L(1)*L(5)+L(2)*L(6)+L(3)*L(7))/(L(9)*L(9)+L(10)*L(10)+L(11)*L(11))-x0*y0
fx1=sqrt((a*b-c*c)/b)
for j=1:1000
    fx2=fx1
    L=inv(M'*M)*M'*W
    x0=-1*(L(1)*L(9)+L(2)*L(10)+L(3)*L(11))/(L(9)*L(9)+L(10)*L(10)+L(11)*L(11))
    y0=-1*(L(5)*L(9)+L(6)*L(10)+L(7)*L(11))/(L(9)*L(9)+L(10)*L(10)+L(11)*L(11))
    a=(L(1)*L(1)+L(2)*L(2)+L(3)*L(3))/(L(9)*L(9)+L(10)*L(10)+L(11)*L(11))-x0*x0
    b=(L(5)*L(5)+L(6)*L(6)+L(7)*L(7))/(L(9)*L(9)+L(10)*L(10)+L(11)*L(11))-y0*y0
    c=(L(1)*L(5)+L(2)*L(6)+L(3)*L(7))/(L(9)*L(9)+L(10)*L(10)+L(11)*L(11))-x0*y0
    fx1=sqrt((a*b-c*c)/b)
    if abs(fx2-fx1)<1E-5
        break
    end
    for i=1:14
        C(i)=L(9)*X(i)+L(10)*Y(i)+L(11)*Z(i)+1
        r(i)=sqrt((x(i)-x0)*(x(i)-x0)+(y(i)-y0)*(y(i)-y0))
        M(2*i-1,:)=1/C(i)*[X(i),Y(i),Z(i),1,0,0,0,0,x(i)*X(i),x(i)*Y(i),x(i)*Z(i),C(i)*(x(i)-x0)*r(i)]
        M(2*i,:)=1/C(i)*[0,0,0,0,X(i),Y(i),Z(i),1,y(i)*X(i),y(i)*Y(i),y(i)*Z(i),C(i)*(y(i)-y0)*r(i)]
        W(2*i-1)=-x(i)/C(i)
        W(2*i)=-y(i)/C(i)
    end
end
V=M*L-W

```

5.2.4 单像空间后方交会解法

基于共线条件方程式的单像空间后方交会，是已知一些控制点的物方坐标和这些控制点在一张像片内的像方坐标，以求解相机内方位元素、外方位元素或者同时求解内外方位元素及其它附加参数的摄影测量过程。仅求解外方位元素的共线条件方程式一般式为：

$$V_i = At - L \quad (5-15)$$

即

$$\begin{pmatrix} v_x \\ v_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\partial x}{\partial X_s} & \frac{\partial x}{\partial Y_s} & \frac{\partial x}{\partial Z_s} & \frac{\partial x}{\partial \varphi} & \frac{\partial x}{\partial \omega} & \frac{\partial x}{\partial \kappa} \\ \frac{\partial y}{\partial X_s} & \frac{\partial y}{\partial Y_s} & \frac{\partial y}{\partial Z_s} & \frac{\partial y}{\partial \varphi} & \frac{\partial y}{\partial \omega} & \frac{\partial y}{\partial \kappa} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta X_s \\ \Delta Y_s \\ \Delta Z_s \\ \Delta \varphi \\ \Delta \omega \\ \Delta \kappa \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} x - (x) \\ y - (y) \end{pmatrix} \quad (5-16)$$

后方交会解法可根据直接线性变换的解算过程求解外方位元素，下面是利用 LabVIEW 的 MathScript 节点编写的单像空间后方交会解法解算程序：

```

%下面的 Xs0,Ys0,Zs0 均归化为统一的单位米(m)
Xs0=10; Ys0=63.5; Zs0=-4.5; Phi = 0; Omega = 0; Kappa = 0;
% (物方坐标, 单位: 米)
S=[X,Y,Z]
% (先转换坐标系 x=-x, 像方坐标)
x=-x
s=[x,y]
%设定循环变量 k 的初始值
k=1;
%循环的开始
while 1
%计算旋转矩阵 R
a1=cos(Phi)*cos(Kappa)-sin(Phi)*sin(Omega)*sin(Kappa);
a2=-cos(Phi)*sin(Kappa)-sin(Phi)*sin(Omega)*cos(Kappa);
a3=-sin(Phi)*cos(Omega);
b1=cos(Omega)*sin(Kappa);
b2=cos(Omega)*cos(Kappa);
b3=-sin(Omega);
c1=sin(Phi)*cos(Kappa)+cos(Phi)*sin(Omega)*sin(Kappa);
c2=-sin(Phi)*sin(Kappa)+cos(Phi)*sin(Omega)*cos(Kappa);
c3=cos(Phi)*cos(Omega);
%对于四个控制点的循环
for i=1:14
% 根据估计初始值计算出地面点的估计像点坐标
Psimilar(i,1)=x0-f*(a1*(S(i,1)-Xs0)+b1*(S(i,2)-Ys0)+c1*(S(i,3)-Zs0))/(a3*(S(i,1)-Xs0)+b3*(S(i,2)-Ys0)+c3*(S(i,3)-Zs0));
Psimilar(i,2)=y0-f*(a2*(S(i,1)-Xs0)+b2*(S(i,2)-Ys0)+c2*(S(i,3)-Zs0))/(a3*(S(i,1)-Xs0)+b3*(S(i,2)-Ys0)+c3*(S(i,3)-Zs0));
    
```

```

%计算此时对于第 i 个点所列的误差方程的系数
a11(i)=(a1*f+a3*(s(i,1)-x0))/(a3*(S(i,1)-Xs0)+b3*(S(i,2)-Ys0)+c3*(S(i,3)-Zs0));
a12(i)=(b1*f+b3*(s(i,1)-x0))/(a3*(S(i,1)-Xs0)+b3*(S(i,2)-Ys0)+c3*(S(i,3)-Zs0));
a13(i)=(c1*f+c3*(s(i,1)-x0))/(a3*(S(i,1)-Xs0)+b3*(S(i,2)-Ys0)+c3*(S(i,3)-Zs0));
a21(i)=(a2*f+a3*(s(i,2)-y0))/(a3*(S(i,1)-Xs0)+b3*(S(i,2)-Ys0)+c3*(S(i,3)-Zs0));
a22(i)=(b2*f+b3*(s(i,2)-y0))/(a3*(S(i,1)-Xs0)+b3*(S(i,2)-Ys0)+c3*(S(i,3)-Zs0));
a23(i)=(c2*f+c3*(s(i,2)-y0))/(a3*(S(i,1)-Xs0)+b3*(S(i,2)-Ys0)+c3*(S(i,3)-Zs0));
a14(i)=(s(i,2)-y0)*sin(Omega)-((s(i,1)-x0)*((s(i,1)-x0)*cos(Kappa)-(s(i,2)-y0)*sin(Kappa))/f+f*cos(Kappa))*cos(
Omega);
a15(i)=-f*sin(Kappa)-(s(i,1)-x0)*((s(i,1)-x0)*sin(Kappa)+(s(i,2)-y0)*cos(Kappa))/f;
a16(i)=s(i,2)-y0;
a24(i)=-((s(i,1)-x0)*sin(Omega)-((s(i,2)-y0)*((s(i,1)-x0)*cos(Kappa)-(s(i,2)-y0)*sin(Kappa))/f-f*sin(Kappa))*cos(
Omega);
a25(i)=-f*cos(Kappa)-(s(i,2)-y0)*((s(i,1)-x0)*sin(Kappa)+(s(i,2)-y0)*cos(Kappa))/f;
a26(i)=-(s(i,1)-x0);
%由上面统一规划出总的系数矩阵(可简化)
A(2*i-1,1:6)=[a11(i),a12(i),a13(i),a14(i),a15(i),a16(i)];
A(2*i,1:6)=[a21(i),a22(i),a23(i),a24(i),a25(i),a26(i)];
%计算常数项矩阵 L
l(2*i-1)=s(i,1)-Psimilar(i,1);
l(2*i)=s(i,2)-Psimilar(i,2);
end
L=l';
%计算方位元素的改正数
T=inv(A'*A)*(A'*L);
Xs0=Xs0+T(1);
Ys0=Ys0+T(2);
Zs0=Zs0+T(3);
Phi=Phi+T(4);
Omega=Omega+T(5);
Kappa=Kappa+T(6);
%设定循环结束条件
if abs(T(1))<0.001&&abs(T(2))<0.001&&abs(T(3))<0.001...
&&abs(T(4))<1/180/60*pi&&abs(T(5))<1/180/60*pi&&abs(T(6))<1/180/60*pi
break;
end;
k=k+1;
end; %循环的控制;

```

.....

因永久性的立体控制点不便于在测试车道上架设，跑偏测试系统是在 CCD 下的测试车道上布设永久性的控制点，在完成对控制点坐标的准确测定后，可重复使用控制点坐标数据进行 CCD 标定。这样，所有的控制点均分布在测试车道平面上，因此，不能适用直接线性变换解算程序（同时求解内外方位元素，控制点位于同平面造成解的不稳定）对 CCD 进行标定。系统最终采集单像空间后方交会解算程序完成对采集图片的像素坐标到物理坐标转换。

第六章 总结与展望

6.1 总结

本文详细介绍了汽车行驶跑偏的危害及车辆需进行跑偏检测的法律依据，并围绕汽车行驶跑偏测试系统的开发过程，着重论述其间遇到和解决的重要问题。通过分析汽车跑偏测试的测试环境（环境光强，测试车道等），对比传统的跑偏测试方法，提出了三种可快速检测汽车行驶跑偏量的方法，并仔细分析三种方案的优劣，最终确认使用 CCD 图像传感器的测试方案。在此基础上，结合测试环境，进一步分析了跑偏系统所使用硬件的特性，确定系统硬件方案。在软件开发过程中，结合软件生命周期思想，对系统软件进行模块化设计，解决了系统三个主体模块（无线网络通信，车辆坐标提取，系统并网测试）开发过程中的诸多问题。本文的主要研究工作和创新点如下：

1) 利用 LabVIEW 机器视觉模块控制 CCD 图像传感器采集车辆测试图像，针对户外测试要求，实时调节曝光时间以减弱光强差别带来的影响。通过编写组合算法，通过自适应图像亮度差异，实现对车辆坐标的准确提取。

2) 传统测试项目为车间内停车扫描车辆 VIN 以识别测试车辆，然后进行测试。跑偏测试为户外测试项目，不能在试车道上停车扫描 VIN 实现车辆识别。因此针对户外测试环境，开发了无线通信模块，通过定制的通信协议，实现测试车辆的准确识别。

3) 基于 TCP 协议，实现 LabVIEW 平台与其它文本语言平台程序的通讯对接，利用定制通信协议解决了跑偏测试系统与原厂商生产网络的对接，实现跑偏测试系统并网测试。

6.2 展望

1) 汽车行驶跑偏测试检测目前还缺乏相应的测试细则，希望通过目前的测试过程，总结经验，探讨跑偏测试的测试细则；

2) 跑偏测试系统缺乏对测试人员行为进行控制的系统，跑偏测试结果的可靠性依赖于测试人员遵守系统测试规程。

3) 汽车进行跑偏测试有两个方面的作用,一是保证下线车辆测试质量合格,二是对行驶跑偏结果进行分析,对为车辆设计及制造环节提供分析数据。所以后绪应对汽车行驶跑偏数据进行统计分析,作为车型技术资料。

致谢

真诚的感谢我的导师何耀华老师，在此向何老师致以崇高的敬意！在我三年的研究生学习过程中，何老师倾注了大量的心血和精力。何老师的鼓励和支持给予我克服困难的勇气和决心，能够自信地解决问题；何老师严谨治学的作风，让我正视学习和工作态度，在学习当中丝毫不怠慢，仔细地完成论文；同时生活方面，何老师也给予了无私的关怀和帮助。

感谢陈棵明、崔淑娟、邓娟、岳亮亮、张风格同学在我三年学习和工作中给予帮助和支持，感谢师兄师姐李自扬、左波、王桂姣、雷芳芳、喻媛媛，是他们引导我如何进入研究生学习和工作角色。

感谢我的家人，他们给予我世间最无私理解和关爱，让我能够安心地学习和工作。

杨灿

2010. 04

参考文献

- [1] 国家质量监督检验检疫总局. GB7258-2004. 机动运行安全技术条件. 2004.10
- [2] 何耀华. 汽车试验学[M]. 北京: 人民交通出版社, 2005.8
- [3] 杭勇, 杨明. 基于 NI 平台的共轨电控单元测试系统的建立. 现代车用动力, 2005.3
- [4] 刘周全, 汪春华, 张宏伟. 基于 LabVIEW 和 PXI 的汽车数字仪表测控系统. 电子产品世界, 2008.2
- [5] 李红志. 基于 PXI 和 cRIO 的电子稳定程序硬件在环仿真平台开发. 电子设计应用, 2009.10
- [6] 陈锡辉, 张银鸿等. LabVIEW 8.20 程序设计从入门到精通[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.7
- [7] 2005-2006 National Instruments Corporation. LabVIEW™Help. 371361B-01, August 2006
- [8] Gary W.Johnson, Richrad Jennings 著. 武嘉澍, 陆劲昆译. LavVIEW 图形编程. 北京: 北京大学出版社, 2002
- [9] Andrew S. Tanenbaum 著. 熊桂喜, 王小虎译. 计算机网络(第三版). 北京: 清华大学出版社, 1998
- [10] Blume, Peter A. The LabVIEW Style book. Prentice Hall, 2006
- [11] Jeffrey Travis, Jim Kring. LabVIEW for Everyone: Graphical Programming Made Easy and Fun, Third Edition. Prentice Hall, July 27, 2006
- [12] 宋凡峰. 基于 LabVIEW 与 MATLAB 的现代光测图像处理系统[D]. 南京航空航天大学, 2007
- [13] 黄晓. 基于 LabVIEW 和 IMAQ Vision 的几何尺寸非接触测量系统的研究[D]. 武汉理工大学, 2007
- [14] Mani Maran Ratnam. Edge detection in a homogeneous background using the phase-shift fringe projection. Opt. Eng, 2000, 39(10) :2618-2623
- [15] Chen F, Brown G M, Song M. Overview of three-dimensional shape measurement using optical methods. Opt. Eng, 2000, 39(1) :10-22
- [16] National Instruments Corporation. IMAQ Vision for LabVIEW User Manual . 2003
- [17] National Instruments Corporation. NI-IMAQ User Manual. 2003.

- [18] National Instruments Corporation. IMAQ Vision Concepts Manual. 2003
- [19] National Instruments Corporation. IMAQ Vision for G Reference Manual. 1999
- [20] Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle. Image Processing, Analysis, and Machine Vision (Second Edition). Brooks/Cole, 2002
- [21] Thomas Klinger. Image Processing with LabVIEW and IMAQ Vision. America: Prentice Hall PTR, 2003
- [22] Andrea Fusiello, Emanuele Trucco, Alessandro Verri. A compact algorithm for rectification of stereo pairs. Machine Vision and Applications, 2000, (12): 16-22
- [23] 顾军. 基于 LabVIEW 和 PXI 的汽车车窗控制器测试系统设计[D]. 吉林大学, 2007
- [24] 闫家青. 基于虚拟仪器 LabVIEW 的多功能检测系统[D]. 山东大学, 2008
- [25] 蔡亚. 计算机视觉技术及 LabVIEW 在织物疵点检测中的应用[D]. 东华大学, 2008
- [26] 姜碧琼. 基于 LabVIEW 的虚拟示波器的设计[D]. 西北农林科技大学, 2008
- [27] 赵海滨. 汽车整车性能测试分析系统的研究与开发[D]. 河北工业大学, 2007
- [28] 邓建交. 汽车测试系统的虚拟仪器研究[D]. 河北工业大学, 2005
- [29] 段鸿杰. 基于通信接口技术的车载压实仪及汽车数字液晶组合仪表的研制[D]. 河北工业大学, 2004
- [30] 唐向阳, 张勇, 李江等有. 机器视觉关键技术的现状及应用展望. 昆明理工大学学报(理工版), Journal of Kunming University of Science and Technology, 2004.2
- [31] 胡兴军, 唐向阳, 张勇. 机器视觉技术及其在汽车制造质量检测中的应用. 现代零部件, Modern Components, 2005.11
- [32] 方胜, 李有森, 李魏魏等. 基于 NI Vision Assistant 的机器视觉在钢球表面检测中的应用. 仪表技术, 2008.5
- [33] 余天洪. 基于机器视觉的车道偏离预警系统研究[D]. 吉林大学, 2006
- [34] 谢毅, 黄席隼. 基于机器视觉的车辆对称中心检测. 重庆工学院学报(自然科学版), 2007.4
- [35] 蒋治成, 邱路颖. 基于机器视觉的车身位置偏差自动补偿应用与研究. 汽车科技, Auto Mobile Science & Technology, 2008.03
- [36] Mark T. Hoske, 辛磊夫. 基于机器视觉的检测系统. 软件, Control Engineering China, 2007.01
- [37] 何宝泉. 雷振山基于机器视觉的螺纹测量技术计量技术. 2005.2
- [38] 徐树英. 基于虚拟仪器的机器视觉测量系统建模方法和图像处理算法研究[D]. 四川大学, 2005

- [39] 朱柳建. 基于图像处理的汽车前照灯检测技术的研究[D]. 南京林业大学, 2005
- [40] 朱华勇. 汽车前照灯计算机检测图像处理技术的研究[D]. 南京林业大学, 2007
- [41] Zhang Y J. Quantitative image quality measures and their applications in segmentation evaluation. *Journal of Electronics.*, 1997, 14 :97-103 .
- [42] Belge M. Multiscale and Curvature Methods for the Regularisation of the linear Inverse Problems. Boston, Massachusetts: Northeastern University, 1999
- [43] Otsu N. A threshold selection method from gray-level histogram[J]. *IEEE Trans Systems. Man and Cybernetics*, 1979, Vol.9 (No.1) :62~66 .
- [44] Pikaz A, Averbuch A. Digital Image Threshold Stable State[J]. *Pattern Recognition*, 1996, Vol.29 (No.5) :829~843 .
- [45] 丁硕. 基于 LabVIEW 的远程数据通信技术的实现[J]. *电子科技*, 2008,(05) .
- [46] 廖剑, 史贤俊, 张戎. 在 LABVIEW 中实现网络通信的几种方法[A]. 第三届全国虚拟仪器大会论文集[C], 2008
- [47] 鲁昌华, 曹源, 刘勤勤. LabVIEW 测量信号时间间隔的实现[A]. 第二届全国信息获取与处理学术会议论文集[C], 2004. (总第)
- [48] 吴国新, 徐小力, 许宝杰. LabVIEW 下水泵机组在线监控与通信技术[A]. 中国农业机械学会成立 40 周年庆典暨 2003 年学术年会论文集[C], 2003
- [49] 戴在平, 刘蓉, 凌朝东. 基于 LabVIEW 实现网络远程通信国外电子测量技术. *Foretgn Electronig Measurement Technology*, 2004.1
- [50] 冉宝春, 郭庆吉. 应用 LabSQL 构建和访问数据库的方法[J]. *工业仪表与自动化装置*, 2005,(06) .
- [51] 吴升坤. 车辆自动跑偏的测定及排除[J]. *汽车技术*, 1999: (04)
- [52] 王成恺. 重型汽车的制动跑偏[J]. *重型汽车*, 1997,(02)
- [53] 苏楚奇, 黄力博. 基于图像处理的车辆跑偏自动检测. *天津汽车, Tianjin Auto*, 2008.11
- [54] 周熊, 叶平. LabVIEW 中利用 LabSQL 对数据库访问的实现[J]. *国外电子测量技术*, 2007,(07) .
- [55] 姜昊, 张方, 姜金辉. 利用 LabSQL 实现对数据库的访问[J]. *电子测量技术*, 2008,(12) .
- [56] 毕虎, 律方成, 李燕青. LabVIEW 中访问数据库的几种不同方法. *微计算机信息*, 2006.01
- [57] 沈逸敏. 在生产中对汽车行驶跑偏的分析与控制[J]. *汽车科技*, 2005.02
- [58] 翁茂荣. 对一例汽车行驶跑偏案的司法鉴定[J]. *中国司法鉴定*, 2005.05

- [59] 翁茂荣. 汽车行驶跑偏与四轮定位参数匹配关系的研究[J]. 拖拉机与农用运输车, 2005.05
- [60] 李子峰. 前轮侧滑与汽车行驶跑偏的关系及区别[J]. 北京汽车, 2000.04
- [61] 张竞先, 凌雯, 余卓平等. 汽车行驶跑偏机理分析[J]. 上海汽车, 2000.03

附录

本人在攻读学位期间发表的论文:

- [1] 何耀华, 杨灿, 王桂姣. 基于 ADAMS 的节能车模态分析. 天津汽车, 2008.12
- [2] 何耀华, 杨灿. 基于 LabVIEW 的汽车行驶跑偏测试系统. 中国汽车工程学会, 2009.10
- [3] Yaohua He, Can Yang, Bo Shang. Vehicle Driving Wandering Test System Based on LabVIEW. SAE, 2010.06