

浙江大学

硕士学位论文

基于CAN总线的摩托车底盘测功机的设计

姓名：桂旭阳

申请学位级别：硕士

专业：动力机械及工程

指导教师：吴锋

20040201

摘要

利用摩托车底盘测功机可以在室内模拟摩托车道路行驶阻力,定性和定量地进行摩托车整车性能的台架试验。

本文设计了一种基于 CAN 总线的摩托车底盘测功机,整个硬件系统的总体设计是基于 CAN 总线,有利于整个系统的扩展和系统的网络化。硬件系统有三个 CAN 节点,包括数据采集节点,系统控制节点和通讯节点。数据采集节点负责整个系统的数据采集,系统控制节点是系统的核心,负责整个测试过程的控制。通讯节点是采用 USB 接口负责上下位机之间的通讯,将上下位机之间的数据进行格式转换。整个系统分工明确,有利于模块化编程。

该测功机主要是针对十五工况法测摩托车排放污染而设计的,摩托车工况法测试排放污染物及整车底盘动力性能测试都需要进行摩托车道路行驶阻力的测定及底盘测功机上摩托车行驶阻力的设定。利用惯性滑行法测定和计算摩托车道路行驶阻力,可以保证底盘测功机能够较准确地模拟摩托车实际道路行驶阻力。

关键词: 摩托车; 底盘测功机; CAN 总线; 工况法;

ABSTRACT

The simulation of road load conditions for motorcycles and bench test(quantitative and qualitative) of motorcycle performance can be conducted in doors by means of a dynamometer.

The design project of the motorcycle chassis dynamometer which is based on the CAN-bus is introduced in this paper. The design of the all control system is based on the CAN-bus which make for extending the whole system and network. The whole hardware system is composed of three CAN nodes, which including the data collecting node, the system control node and the communication node. The data collection node is responsible for sampling the controlled parameters in this system. The control node is the key of the system which is responsible for the control process of the testing. The communication node is responsible for the communication of the singlechip and the PC which convert the format of the data with USB interface. The dividing of the work is definitude.

The mainly purpose of this dynamometer is used for the testing of the pollution of the motorcycle in fifteen condition means. Measurement of motorcycle emission by mode-test cycle and test of motorcycle chassis dynamic property should be conducted according to the measurement of the running resistance of motorcycle and the setting of motorcycle resistance on the chassis dynamometer. Measuring and calculating of running resistance by inertia coastdown method and adjusting of the running resistance coefficient by coastdown test with the vehicle running on the chassis dynamometer can ensure that the dynamometer shall accurately simulate the running resistance on real roads.

Keywords: motorcycle; chassis dynamometer; CAN-bus; mode-test;

第一章 综述

§1.1 选题的意义

摩托车底盘测功机是一种室内试验设备,用于模拟摩托车在实际行驶时的阻力,测定摩托车的使用性能以及检测摩托车的技术状况,诊断摩托车的故障。摩托车底盘测功机既可用于摩托车科学实验,也可用于摩托车的维修生产。

为了保护环境和控制机动车尾气对大气的污染,2002年我国颁布了车用点燃式发动机及装用点燃式发动机汽车排气污染物排放限值及测量方法(GB14762-2002)、摩托车排气污染物排放限值及测量方法(工况法)(GB14622-2002)、轻便摩托车排气污染物排放限值及测量方法(工况法)(GB-18176-2002)、摩托车和轻便摩托车排气污染物限值及测量方法(怠速法)(GB-14621-2002)等标准。并于2003年1月1日起执行。这几项标准的强制实行都需要底盘测功机作为检测工具。

同时从今年开始我国摩托车行业即将进行行业准入制度,获得生产资格的企业都必须装备摩托车底盘测功机。目前,我国摩托车行业底盘测功机大部分为进口,每台设备投资几十万美元,并且难以全面贯彻执行国家标准。国内摩托车底盘测功机的研究还处于成长阶段。为了全面贯彻新国标,提高我国摩托车行业的竞争力,新型的底盘测功机的研制是很必要的。

用于摩托车检测维修作业的底盘测功机,一般都不只是简单的检测摩托车的输出功率,而且还要具有满足检测维修作业需要的其它功能,主要有:

- (1) 测量摩托车驱动轮输出功率。
- (2) 检验摩托车滑行性能。
- (3) 检验摩托车加速性能。
- (4) 检验车速表。

(5) 配备油耗仪和排放仪的底盘测功机可以在室内模拟道路行驶,测量摩托车的等速油耗和排放。

测定摩托车驱动轮输出功率是底盘测功机最基本的功能。而模拟运行工况衍生检测摩托车排放污染物等功能,一般通用的底盘测功机均不具备,只有高档的专用底盘测功机才具有这样的功能。

本课题“基于CAN总线的摩托车底盘测功机”就是针对目前中国摩托车企

业的需求现状所提出来的，由于国家对摩托车生产的要求越来越严格，摩托车企业配备底盘测功机也是形势所需。该测功机主要是针对十五工况法测摩托车污染排放而设计的，能准确进行道路阻力的模拟，从而达到工况法测排放的目的。

§1.2 研究现状^{[1][2][3]}

汽车底盘测功机在我国已经有一些企业生产了一系列的产品，但是对于摩托车底盘测功机的研究却还不是很多。而国外也已经有比较成熟的产品，但是这些产品在我国的实际使用过程中都存在着一些问题，因此国内的研究现在主要集中在控制系统这一部分，因为机械部分都是非常类似的。

与传统的道路试验相比，在室内模拟路试工况用底盘测功机完成有关的汽车、摩托车性能试验具有节省时间、降低费用、测量重复性好、精度高、数据稳定、可比性好等优点，目前，底盘测功机已经在工业发达国家汽车制造业、汽车维修业、环保排放检测，乃至汽车更新报废判定等工作中，获得了广泛的应用。以美国为例，2000 年仅用于环保汽车排放检测工作中的底盘测功机高达 6000 台以上，而美国野马公司宣称，其测功机产量已达每周 150 台。中国汽车维修企业总数约 37 万户，其中一类维修企业，按 5% 计，约 1.8 万户。根据交通部关于汽车维修企业设备配置的规定一类维修服务企业及综合性能检测站均必须配备底盘测功机。

国外的汽车底盘测功机的研究和生产经历了机械式、模拟电子式、数字测控式和计算机控制式这几个阶段。德国申克公司生产的汽车底盘测功机，它自己带有一套控制模式能实现数字控制等模拟控制转速、滑行等功能，但是对人员的素质要求较高，试验周期长，自动化程度低；它的试验数据登陆部分，只对数据作低层次的处理；在打印机上不加选择的输出，需辅以大量的手工处理，才能得到所需要的试验结果报告。

国内引进的大多是日本模拟电子式底盘测功机。1981 年，天津公共汽车公司三厂和交通部脚踏科学研究所参考引进日本弥荣的 CDM-310 型底盘测功机，研制出汽车性能试验台。1991 年，交通部公路研究所和成都汽车保修机械厂制成 DCG-10A 汽车底盘测功机，结束了我国不能生产底盘测功机的历史。

华中科技大学（原华中理工大学）开发了一种基于 PC486 微机并结合模拟调节器的直流电力底盘测功机，这种三轴六轮驱动直流电力底盘测功机（每轴带

有两个直径 0.8m 的转鼓), 可实现单轴、双轴或三轴驱动。基本上可对各种中小吨位的汽车进行道路模拟实验。前转鼓和后转鼓分别由两台直流电机驱动, 第三轴则根据需要, 通过离合器由后轴电机驱动或分离。三根轴的间距可调。由于前后转鼓是独立驱动的, 因此可以实现轴间有力差或轴间有速度差的汽车的道路模拟实验, 也可以实现一根轴驱动, 而另一根轴随动的伺服驱动方式。控制方式灵活, 既可由转鼓在某种恒定速度下反拖汽车行驶, 实现传动系统摩擦损失的测量研究, 又可以对汽车在不同速度情况下的道路阻力进行模拟, 施加给电机而完成汽车动力性及经济性的研究。

清华大学自动化系开发了一种多功能汽车底盘测功机, 其控制微机采用高性能的工业控制计算机, 通过对传统控制系统和控制方法进行改进, 采用经验控制和自适应控制相结合的控制方案实现了不同工况不同负荷下动力性能的连续测量并且增加了排放的连续测量功能。

TL-DCG-60 型底盘测功机是武汉汽车工业大学、华南理工大学和广东省南海市闯拓高科技有限公司联合开发的产品。该底盘测功机的加速性能采用了电模拟方式, 由测量系统对汽车加速过程中的车速、加速度实现实时检测, 并由计算机依据行驶阻力的理论公式控制电涡流测功机实时生成各种行驶阻力, 实现模拟加载。电涡流测功器由定子和转子两部分组成, 在定子四周装有励磁线圈, 转子作为电磁盘与试验装置的主动滚筒相连。当励磁线圈通过直流电流时, 就产生了磁场, 而在该磁场中主动的转子盘上就产生了涡电流, 又由于涡电流和定子的磁场之间相互作用, 因而对转子盘产生一个制动力矩。只要控制电涡流测功器励磁线圈的电流大小, 就可以改变对滚筒施加的制动力矩, 该力矩等于作用于驱动轮上的旋转力矩。这就是电模拟的原理。

西安交通大学的交流底盘测功机的控制系统由一台下位工控机和一台 PLC 来协调整个控制功能, PLC 主要实现各种逻辑切换控制功能; 下位工控机主要用作道路阻力设定器的功能, 实时计算得到当前应该给定的阻力大小并送至变频器。两台变频器分别用于控制冷却风机和测功机。

天津大学的 DPC-1 型摩托车底盘测功机于 1999 年 9 月通过天津市科委主持的市级鉴定。其主要性能指标优于国标 GB/T14622-93 和行标 QC/T-93(这是比较老的标准)的要求, 设计水平和测量精度均达到国外同类产品水平, 它的研制成

功填补了国内摩托车底盘测功机的空白，属国内首创，处于国内领先水平。

DPC-1 底盘测功机采用全数字四象限运行的直流调速电机在检测设备和工控机控制下，再现道路行驶阻力，模拟匀速、变速、爬坡各种状况的道路阻力和惯性力作用；采用机械惯量和电惯量模补偿相结合的方法，实现无级差地模拟受试车的惯性作用；采用配有能耗制动单元的变频控制器，控制风速，达到风速跟踪的要求。

还有其他一些单位也开发了一些同类的产品。这些产品在实际的科研和生产中已经发挥了作用。但这些产品功能的可扩充性不是很好，而且不能很好的适应新的国家标准。

§1.3 研究方案

我国生产底盘测功机的历史虽然已经超过 15 年，但主要集中在汽车使用和维修用的底盘测功机，而现在国内已经有部分研究单位已经在研究环保测量汽车摩托车排放专用底盘测功机。国内生产的主机（机械部分）已接近并在某些主要指标方面达到或超过进口设备水平，主要差距仍然在测控系统的硬件和软件方面。因此我在参与这次课题开发的过程中将工作的重点放在测控系统的硬件和软件的设计方面。

根据排放和台架试验要求，底盘测功最主要的性能要求有三项：

- (1) 在底盘测功机上再现车辆道路行驶阻力；
- (2) 冷却风速跟踪车速变化；
- (3) 模拟变速工况中的实际惯性力。

该测功机采用电涡流测功机在检测设备和单片机的控制下再现道路行驶阻力，模拟匀速、变速、爬坡各种状况的道路阻力和惯性力作用；采用机械惯量模拟受试车的惯性作用；采用变频器控制风速，达到风速跟踪的要求。

同时在硬件的设计方面采用 CAN 总线作为硬件系统的数据采集、参数控制以及传输总线，单片机的程序主要用 C 语言进行编写，这样有利于程序的移植和修改，同时应用模块化编程，使得程序的可读性强，修改和维护方便。上位机与下位机的通讯采用 CAN 转 USB 的接口，从而达到传递速度快、实时性好、连接方便的目的。上位机的控制软件则采用 Delphi 进行编写。

摩托车底盘测功机对测量的参数实时性要求非常高，而且要求传输准确，因

为这些参数也是底盘测功机的控制加载系统所必需的控制变量,因此将这些参数迅速测量出来并且准确地送到单片机中进行处理就显得非常重要。本文设计的基于 CAN 总线的摩托车底盘测功机控制系统是将 CAN 总线应用到底盘测功机中, CAN 节点只需要用两根信号线就可以实现对摩托车底盘测功机所有数据的采集传输,使得传输线路大大简化,可靠性得到极大提高,有效的节约了线束安装空间和系统成本,而且有利于摩托车底盘测功机朝着规范化、智能化、网络化方向发展。

§1.4 CAN 总线的特点

CAN (Controller Area Network) 总线即控制器局部网络,是一种有效支持分布式控制和实时控制的串行通信网络,属于现场总线的范畴。德国 Bosch 公司在二十世纪 80 年代初将其研制成功,最初主要用于汽车内部检测以及控制系统间的数据通信。CAN 总线通信协议是在充分考虑工业现场环境的背景下制定的,它采用了 ISO/OSI 模型的七层结构中的物理层和数据链路,具有较高的可靠性、实时性、灵活性。

CAN 总线具有以下优点:

(1) CAN 可以多主方式工作,网络上任意一个节点均可以在任意时刻向网络上其他节点发送信息,而不分主从,通信方式灵活。

(2) CAN 可以实行点对点、一点对多点及全局广播等方式传送和接受数据,通信介质采用双绞线、同轴电缆或光纤,选择灵活,通信距离最远可达 10km/5kb/s,通信速率最高达 1Mb/s/40m。CAN 总线上的节点数取决于总线驱动电路,实际可达 110 个。

(3) CAN 总线采用非破坏性仲裁技术,当两个节点同时向网络上传信息时,优先级低的节点主动停止数据发送,而优先级高的节点可不受影响的继续传输数据,有效的避免了总线冲突。CAN 总线采用了短帧结构,每一帧为 8 个字节,传输时间短,受干扰概率低,每帧信息都有 CRC 校验和其他校错措施,保证了数据的出错率极低。

(4) CAN 节点在错误严重的情况下,具有自动关闭输出的功能,切断它与总线的联系,以使总线上其它的操作不受影响。

CAN 总线的这些优点完全可以满足摩托车底盘测功机控制系统的要求,因

此将 CAN 总线应用到摩托车底盘测功机上可以使测功机的控制系统更加先进可靠，同时还具有良好的扩展性。这也是本课题的创新点。

§1.5 本文的主要内容

第一章综述简单回顾了底盘测功机的发展历史以及现状，阐述了开展本课题的重要性、必要性以及本课题的目标、任务、研究方案。

第二章介绍了底盘测功机的整体设计。主要有滚筒机械部分的尺寸设计、电涡流测功机的选取、飞轮组的设计以及其它一些相关部件的选取。

第三章主要分析了摩托车底盘测功机的动力学模型，从理论上对摩托车在底盘测功机上的运动和道路上的运动进行了分析，从而为底盘测功机的道路阻力模拟提供了理论基础。

第四章主要介绍了底盘测功机的控制系统的硬件部分的组成和设计，主要有三个 CAN 节点的设计以及一些控制信号电路的设计。

第五章主要介绍了底盘测功机控制系统的道路阻力模拟的软件设计、控制策略以及上位机的软件的设计。

第六章主要是介绍了在底盘测功机对控制系统的转速测量以及恒转速过程进行了验证。

第七章是结论，主要探讨了测功机存在的不足以及如何对测功机进行扩展。并就进一步提高系统的性能提出了建议和思路。

第二章 底盘测功机的总体设计

§2.1 底盘测功机的基本原理^[7]

在室内检测摩托车的性能，摩托车相对地面是静止不动的，因此必须创造一个使摩托车能输出所具有的动力运动条件，即底盘测功机应有一种活动地面，使摩托车能够产生相对运动，同时还能制造摩托车行驶阻力，以平衡、吸收摩托车输出的动力。这样底盘测功机的基本构成应有：模拟路面的滚筒系统、模拟行驶阻力的加载系统、测定摩擦阻力的倒拖系统、模拟冷却风的风速跟踪系统和测量、控制系统。

图 2-1 是摩托车底盘测功机示意图，检测时将待检测摩托车驱动轮支承在滚筒上，驱动轮带动滚筒转动，滚筒就相当于移动路面，使摩托车产生相对运动。与滚筒串接的电涡流测功机用于定子对转子施加制动作用，进行加载，增加滚筒转动的阻力。摩托车驱动轮为带动滚筒转动必须输出相应的动力以克服滚筒转动的阻力（即摩托车行驶阻力）。这样就可以根据检测的需要调节、控制摩托车的行驶阻力。摩托车等速运转时，驱动轮输出的动力与滚筒系统的转动阻力平衡。摩托车加速、滑行时的惯性阻力通过与滚筒串接的飞轮组的转动惯量来模拟。驱动轮的转速从转速传感器测取。

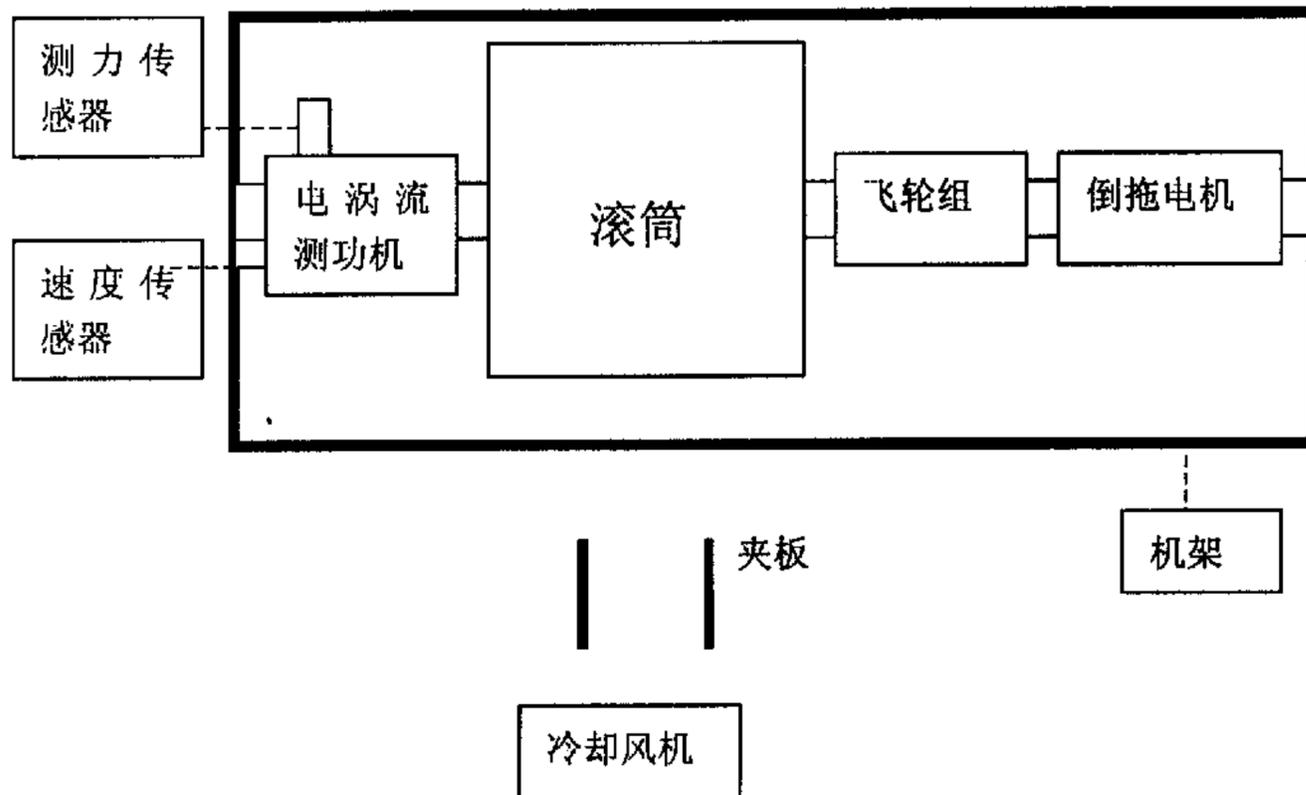


图 2-1 摩托车底盘测功机示意图

测功机的定子对转子进行加载的同时，也受到大小相等、方向相反的力矩作

用,此反力矩使定子绕其轴摆并经一定长度的杆臂传给测力传感器;测力装置便将测定的力矩及车轮相应的转速换算成驱动轮的输出功率或驱动力。

控制系统按照检测的需要,根据测力和测速传感器反馈的信息,向测功机发出增减系统转动阻力的指令(即增减摩托车行驶阻力),以调节和控制摩托车驱动轮输出的功率,进而实现运行工况的模拟。

§2.2 底盘测功机的结构设计

底盘测功机的结构与其功能密切相关,功能不同结构就有差别,功能越齐全,结构就越完备。该底盘测功机是电涡流式底盘测功机,功能较为齐全,其设计主要由以下几个部分构成。

2.2.1 滚筒装置的设计

滚筒装置是测功机的基本组件,其结构和性能的好坏,将直接影响测功机的测试精度。滚筒采用钢制空心结构。滚筒直径、表面状况是影响测功机性能的主要结构参数。

滚筒直径决定了车轮与滚筒的接触状况。直径大时,滚筒曲率半径大,车轮在滚筒上运转接近在道路上行驶的状况,滑转率小,滚动阻力小,测试精度高;滚筒直径小时,由于接触比压大,滑转率大,滚动阻力大,在高速下会使传递功率损失 7%~20%。同时,车轮在小直径滚筒上滚动时会增加轮胎的摩擦力,长时间的高速运转会使轮胎表面测试升高到临界值,导致轮胎早期损坏。因此,试验车速达到 20km/h 的滚筒直径不应小于 350mm。

GB/T 18176—2002 规定摩托车底盘测功机滚筒的直径要大于或等于 400mm,同时国标要求测功机的基本当量质量是 100kg,也就是要求电涡流测功机转子的转动惯量加上滚筒的当量质量为 100kg,电涡流测功机的当量质量是 12.6kg,因此按照这两个参数的要求可以设计滚筒的尺寸为:外径 503mm,内径 480mm,宽度为 300mm。滚筒表面型式采用滚花滚筒。

2.2.2 加载装置选取

用底盘测功机测试摩托车性能和检测摩托车技术状况,就必须能模拟摩托车在道路上行驶时所受到的各种阻力。摩托车行驶时内部阻力是因为摩托车传动系的损失而引起的,其值在道路上和测功机上都是一样的。摩托车在道路上行驶时

的外部阻力就不同于在底盘测功机上运转时的阻力。在测功机上运转只有驱动轮转动，所引起的外部阻力比在道路上行驶时少，在测功机上不存在摩托车在道路上行驶时所受到的空气阻力、爬坡阻力，以及从动轮的轴承摩擦、空气阻力摩擦和滚动阻力。这些外部阻力需要通过测功机加载装置模拟，以使摩托车受力状况同在道路上行驶一样。

常用的测功机有电力测功机、水力测功机和磁粉测功机。这些测功机都是根据测功机作用力矩与测功机反作用力矩大小相等、方向相反的原理来测量的。

1 电力测功机

电力测功机的工作原理和电机基本相同，其转子和定子都是以磁通作为传递媒介进行工作的。转子和定子之间的作用力和反作用力大小相等、方向相反，所以只要将其定子做成能绕其轴线自由摆动的结构，便可测定其转子的制动转矩，即定子的反力矩。

电力测功机有直流电力测功机、交流电力测功机和电涡流测功机三种型式。

(1) 直流电力测功机

直流电力测功机与一般电机主要的不同之处是定子外壳被支承在一对轴承上，并可以绕轴线自动摆动。在定子外壳上固定一个力臂，它与测力机构连接，用以测定转矩。被测动力机械的输出轴与直流电力测功机的转子连接在一起旋转，此时电枢绕组切割定子绕组磁场的磁力线，在电枢绕组中产生感应电动势，即产生一个与转向相反的制动力矩，电机作发电机运行，以达到测功的目的。相反，当电枢回路有电流通过时，在磁场中会受到电磁电力作用而产生一个与转向相同的驱动力矩，这是电机作电动机运行，以达到反拖（测量动力机械的摩擦功）的目的。

(2) 交流电力测功机

常用的三相交流发电机可作为最简单的交流电力测功机。当被测动力机械直接驱动三相交流发电机时，其测得的有效功率为：

$$P_e = \sqrt{3} \frac{ui}{1000\eta} \cos \varphi$$

式中， P_e 为测得的有效功率 (kW)； u 为交流发电机的电压 (V)； i 为交流发电

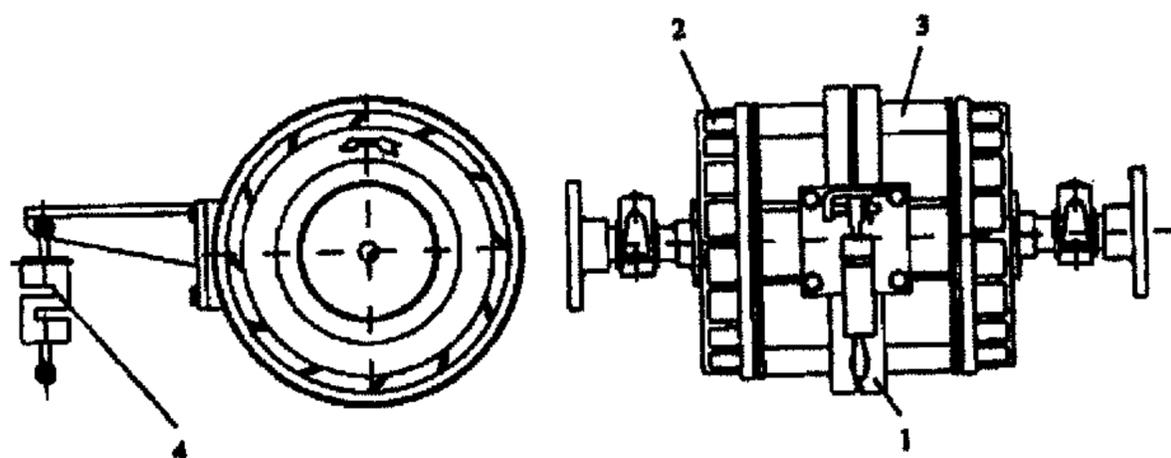
机的输出电流 (A); η 为交流发电机的效率; $\cos\varphi$ 为交流发电机的功率因数。

基于和直流电力测功机同样的原因, 交流电力测功机的定子外壳也应当做成可以绕转轴摆动的平衡式结构。交流电力测功机既可以按电动机运行, 也可以按发电机运行。按发电机运行时, 测功机发出的电能, 可以消耗在负荷电阻上, 在条件许可时, 也可以输回供电电网加以利用。

(3) 电涡流测功机

电涡流测功机主要由定子和转子两部分组成。定子周围装有激磁线圈, 激磁线圈通直流电时, 定子铁芯与转子间隙处就有磁力线通过, 转子 (与测功机主滚筒串接) 转动时形成波幅脉振的磁场, 并在转子或定子上产生感应电势, 产生感应电流 (即电涡流) 阻止磁场的脉振。该电涡流与它产生的磁场相互作用, 使转子受到一个负荷力矩, 力矩的方向和滚筒旋转的方向相反, 成为制动力矩起到加载作用。调节激磁电流即可改变制动力矩的大小, 从而形成被测动力机械的外部阻力。与此同时, 定子也受到一个与制动力矩大小相等, 方向相反的力矩。由于定子浮动装于支承座上, 受外力作用后定子便可转动。通过测力装置便可测定动力机械经滚筒输出的功率。

被测动力机械输出的功率被电涡流器吸收, 转换为电涡流, 在涡流器的转子或者定子中转变为热能散发。因此, 为使转子或定子处于正常的工作温度, 必须尽快将其热量排出, 迅速冷却。常用水或冷气作为介质把电涡流转化的热量排出。据此电涡流测功机分成水冷式和风冷式两类。风冷式电涡流测功机的原理图如下所示。



1. 定子 2. 转子 3. 磁力线圈 4. 拉压传感器图

图 2-2 风冷式电涡流测功机的基本结构

风冷式电涡流功率吸收装置主要由转子、定子、励磁线圈、支承轴承、冷却风扇叶片、力传感器等组成，其特点是：结构简单，安装方便；冷却效率低，功率吸收装置不易长时间运行，其转子的导磁率随温度的上升而下降；因而其最大吸收功率随温升而减小，所以一般风冷式功率吸收装置在高转速、大负荷下工作时间不宜超过 5 分钟。由于冷却风扇在工作时消耗一定的功率，所以应该将风扇所消耗的功率计入摩托车驱动轮的输出功率。

2 水力测功机

水力测功机是以水作为工质的一种液力测功装置，其主体为水力制动器。制动器由转子和外壳组成，外壳由滚动轴承支承，因而可以自由摆动。根据转子的结构不同，水力测功机可分为圆盘式、柱销式、叶轮式和涡流式等四种形式。

3 磁粉测功机

磁粉测功机是根据转子和外壳内腔之间填充的磁粉微粒处于磁化状态后产生的反力矩来测功的。当外壳上的励磁线圈不通电时，磁粉呈自由状态，转子旋转时，磁粉受离心力的作用而附在转子与外壳内腔之间的间隙边缘，不传递转矩。当线圈通电时，磁粉处于磁化状态，沿径向排列互相吸引，在转子和外壳内腔之间形成磁粉链，而磁粉链中微粒间的引力则构成了制动力矩。

这种测功机体积小，转矩大，在工作区域内励磁电流与转矩近似呈线性关系。当励磁电流不变时，具有等转矩特性，响应速度快，最大功率下可在任一工况点工作，故特别适合在大转矩和中、低转速工况应用。由于高温会引起磁粉烧结和磁性退化，故需采取良好的冷却措施，且不宜长期在高速状态下使用。

由于电涡流测功机所消耗的励磁功率很小，只需要变动数安培的励磁电流，就能有效的控制制动转矩，这样可以方便地完成自动化控制，有利于实现按预定程序运转的自动测试，同时考虑到摩托车底盘测功机的转矩比较小，以及现场安装的方便，该底盘测功机采用风冷式电涡流测功机，型号为西班牙 KLAM 风冷电涡流测功机，连续工作 20min 最大吸收功率 23kW，最大扭矩 $150N \cdot m$ 。其当量惯量为 12.6 kg。

2.2.3 惯性模拟装置的设计^[39]

摩托车在道路上行驶时，摩托车本身具有一定的惯性，即摩托车的动能。摩

托车在底盘测功机滚筒上是相对静止的，不具有平动动能。检测时摩托车驱动轮带动滚筒系统旋转，由于系统转动惯量小于摩托车的平动质量，加速时不足以产生与摩托车在道路上行驶时的加速阻力，减速时，又不具有摩托车在道路行驶时的动能。为了模拟摩托车在非稳定工况运行时的阻力，进行非稳定工况的性能测试，如加速性能、减速性能等，该底盘测功机配置了模拟摩托车惯量的装置—机械式的转动惯量装置，即飞轮组。

底盘测功机通过设置飞轮的转动惯量即可调节、补偿测功机滚筒等旋转件惯量的动能，模拟摩托车在道路上非稳定工况行驶的阻力。

飞轮的转动惯量是根据被测摩托车的行驶动能确定，摩托车在道路上行驶的动能为：

$$E_1 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}(J_F + J_R)\omega^2 + e \quad (2-1)$$

式中： m ——摩托车平动质量（含驾驶员质量 75kg），kg；

v ——摩托车的行驶速度，m/s

J_R, J_F ——摩托车前、后轮转动惯量， $kg \cdot m^2$ ；

ω ——车轮角速度，rad/s；

e ——摩托车传动系旋转动能。

摩托车以同一车速 v 在底盘测功机上测试时的动能 E_2 为：

$$E_2 = \frac{1}{2}J\omega_r^2 + \frac{1}{2}J_r\omega_r^2 + \frac{1}{2}J_r'\omega_r^2 + \frac{1}{2}J_R\omega_r^2 + e \quad (2-2)$$

式中： J ——飞轮转动惯量， $kg \cdot m^2$ ；

ω_r ——滚筒角速度，rad/s；

J_r ——滚筒转动惯量， $kg \cdot m^2$ ；

J_r' ——测功机转子转动惯量， $kg \cdot m^2$ ；

J_R, ω, e ——同（2-1）式；

底盘测功机为模拟摩托车道路行驶时的动能必须满足的条件为：

$$E_2 = E_1$$

因为： $\omega_r \cdot r_r = \omega \cdot r = v$

式中： r_r ——滚筒半径，m；

r ——车轮半径, m ;

$$\text{所以: } J = m \cdot r_r^2 + J_r \cdot \frac{r_r}{r} - J_r - J_r' \quad (2-3)$$

底盘测功机定型后, 滚筒转动惯量 J_r 和加载电涡流测功机的转动惯量 J_r' 均为已知值, 被测摩托车的质量和车轮转动惯量也为定值, 故可以根据 (2-3) 并同时参照 GB/T 18176-2002 的要求设计了一组飞轮, 按照其当量质量的适用范围, 惯性模拟范围可达到 150kg-375kg, 减去测功机的基本当量质量 100kg, 实际加载惯量达到 50-275kg。按照国标的分级要求, 飞轮组采用 100kg 飞轮一只, 50kg 飞轮两只, 30kg 飞轮一只, 20kg 飞轮两只, 10kg 飞轮一只。

为简化结构, 底盘测功机的飞轮均做成薄圆盘形。可按下式求得飞轮的结构尺寸:

$$\pi r_f^2 \cdot b \cdot \rho = m_f \quad (2-4)$$

式中: m_f ——飞轮质量, kg ;

r_f ——飞轮半径, m ;

b ——飞轮盘厚, m ;

ρ ——飞轮材料比重, kg/m^3 。

由上式可以求得各个飞轮的尺寸:

100kg 飞轮半径为 20cm, 厚度为 10.2cm; 50kg 飞轮的半径为 20cm, 厚度为 5.1cm; 30kg 飞轮半径为 20cm, 厚度为 3cm; 20kg 飞轮半径为 20cm, 厚度为 2cm; 10kg 飞轮半径为 20cm, 厚度为 1cm;

2.2.4 测量装置的确定

测量装置由测力装置和测速装置组成, 它们是底盘测功机的基本组成件。应该工作可靠、精确, 即测量误差小, 指标读数稳定, 并能迅速的适应被测值的变化。

测力装置用以测量测功机滚筒上的扭矩, 经变换后可得出作用在驱动轮上的驱动力。测力装置的测力精确度 (即通常所讲的精度) 主要取决于测力传感器的精确度和测力系统的精确度。该底盘测功机采用电测式的测力装置, 所用测力式传感器的非线性、不重复性以及滞后性均为满量程时的 0.02%~0.03%, 其精确度很高。因此, 测力装置的误差主要是由测力系统引起, 其准确度取决于测力装

置的结果及工艺水平。

测力装置主要由电涡流机外壳、力臂、传感器的信号采集、处理等器件组成。

电涡流机外壳（定子）是藉轴承安装在轴承座上，外壳由此可在轴承座上绕转子转动，外壳上装有测力臂，测力传感器便装在臂端。该电涡流测功机采用的测力传感器是拉压力传感器（图 2-3）。

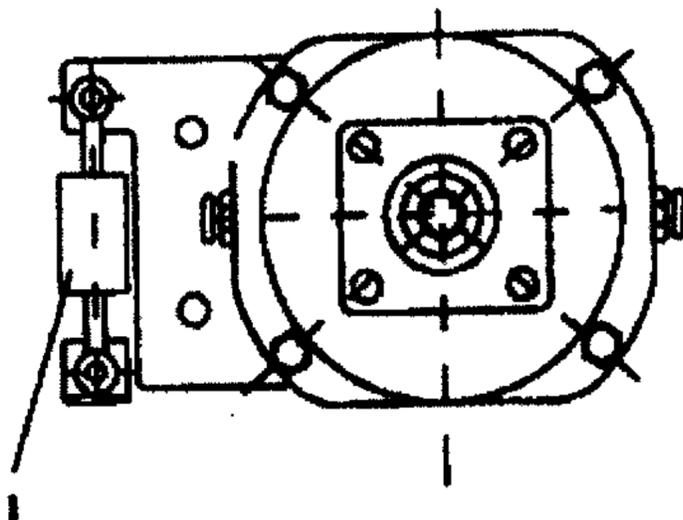


图 2-3 拉压传感器安装图

电涡流测功机工作时，电涡流与其磁场的互相作用对转子形成制动力矩（ M_b ），其作用方向与串接于滚筒上的转子旋转方向相反， M_b 使车轮圆周上产生切向力（其受力状况与摩托车在道路行驶相同），与此同时，外壳（定子）也受到一个与 M_b 大小相等，方向相反的力矩 M ， M 迫使外壳连同固置其上的力臂转动，力臂就对固定位的传感器产生拉力或压力。图中动臂对位移传感器弹簧产生压力，使弹簧发生位移。根据虎克定律，在弹性范围内作用力与位移成正比，由此通过位移计即可得出作用于传感器上的力值。

当拉压力传感器受到电涡流外壳力臂的拉力或压力（取决于拉压力传感器安装位置）后，产生应变，通过应变放大器，即可得到一定的输出电压，将力的信号转变成电信号后再经过标定，就可得到作用于传感器的压力或拉力值。

测速装置用以测量底盘测功机滚筒的转速，经运算后可得出相应的摩托车行驶速度。测速装置由速度传感器以及信号采集、处理的元器件组成。

该底盘测功机测速装置采用磁电式车速传感器。图 2-4 为磁电式车速传感器工作原理图。传感器由固装在底盘测功机滚筒轴上的齿轮 1 和磁电传感器（感应线圈 2 及永久磁铁 3）等组成。齿轮随同滚筒旋转。当磁电传感器对准齿顶时，磁电传感器感应电动势增强，而在磁电传感器对准齿槽时，感生电动势减弱，磁阻的变化，使磁电传感器输出的电压信号为 3mv 左右的交变信号，经信号放大

及整形电路，将交变信号变为脉冲信号送入到数据采集电路，通过检测脉冲周期即可得到车速信号。

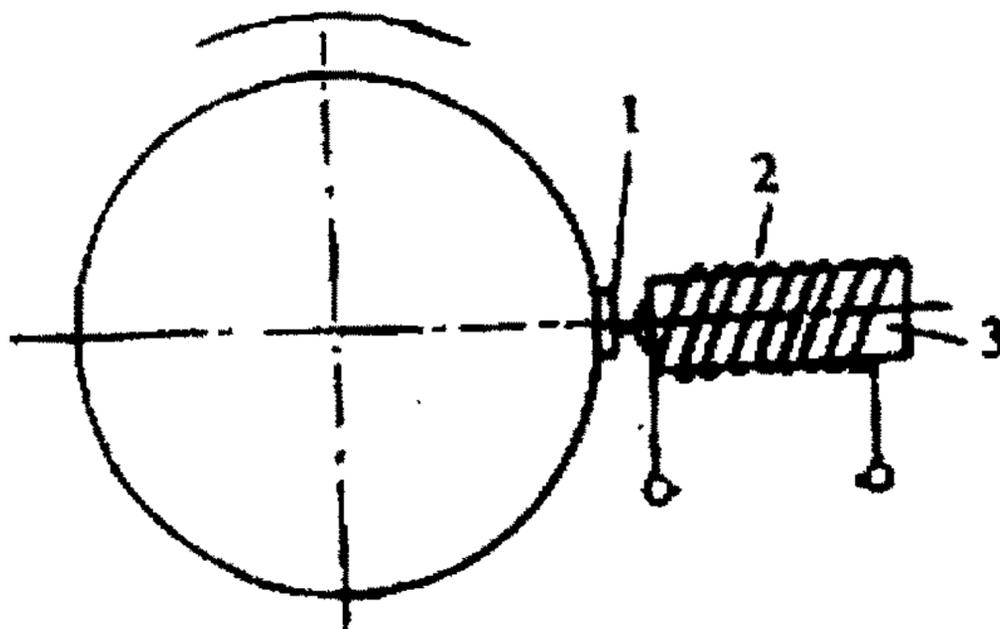


图 2-4 磁电式车速传感器工作原理图

2.2.5 反拖装置^[38]

用电涡流测功机加载的底盘测功机，由于电涡流机只能吸收动能，不能输出动力。底盘测功机反拖装置的功能是提供原动力驱动摩托车、测功机的传动系运动，以测试摩托车、测功机传动系统的传动阻力。因此，利用反拖装置可以检测底盘测功机滚筒系统的机械损失、摩托车传动系的机械损失以及车轮在滚筒上的滚动阻力等。因此为了测量底盘测功机和摩托车传动系统的阻力，该电涡流底盘测功机设有反拖装置。

反拖装置的原动力来自倒拖电动机，电动机功率的大小选用 10kw 的反拖电机，通过调频装置改变电机转速，从而实现反拖速度从 0km~120km 的自动调节，使倒拖车速符合实际运行车速。反拖电机通过离合器直接与滚筒轴串接。

摩托车及测功机传动系阻力的测定，当前有两种方案，一是通过高精密度电功率表测定反拖电机在倒拖时消耗的电功率，再据测定的倒拖车速换算得出倒拖阻力；二是用测力传感器直接测定倒拖阻力，如同电涡流机的测力装置，倒拖电机外壳浮动支承在轴承座上，外壳（定子）受反力矩作用便可转动，从而对固装定位的测力传感器输出信号进行标定、处理即可得出倒拖阻力值。显然，第二种方案测试精确度高于第一种方案。考虑到测试精度，该底盘测功机采用后一种方案。

2.2.6 冷却风机及夹紧装置

冷却风机是模拟摩托车行驶时的迎面风,使发动机的冷却效果与摩托车在路面行驶时的状态接近,因此要采用变速控制。冷却风机采用双进风离心式风机,功率为 18.5kw,同时采用变频器改变风机速度以满足在不同车速下气流的速度。变频器采用三菱 FR-A500 变频器,对变频器的控制由控制系统按照车速的变化改变 D/A 输出来实现。参照国标的要求,该风机的出口面积为 0.4m^2 ,下边缘离地高度为 0.15m,至车轮前端距离 0.3m。

该系统在测试时前轮需要夹紧以防止车轮滑动,车轮夹紧装置采用气动自动对中夹紧。

同时考虑到测试环境的清洁,该底盘测功机还采用了气动升降排烟系统,排气风机采用离心式风机,功率为 3kw,风量为 $5000\text{m}^3/\text{h}$,整体气动方式,升程为 700mm,排烟口面积为 $500\text{mm}\times 500\text{mm}$ 。

2.2.7 控制系统

控制系统是底盘测功机的关键组件,其技术水平的高低,性能的好坏,直接影响到整机的性能。摩托车底盘测功机的控制系统分为全自动控制和半自动控制两种。全自动控制方式的全部测试项目都是自动控制。以功率测量为例,能够自动连续测试摩托车任一运行速度时的功率,整个测试过程由计算机控制,不用人工操作,此外,全自动控制方式可以自动模拟运行工况。半自动控制方式与全自动控制方式的区别在于测量点不是任意的而是规定好的几个点,并且测量点不连续。

考虑到测试过程的易操作性,该底盘测功机控制系统采用全自动的控制。控制系统的硬件和软件设计见后面的章节。

第三章 摩托车底盘测功机阻力模拟原理

摩托车底盘测功机是应用现代电测和计算机技术，利用摩托车在路面行驶中与道路的相对运动关系，摩托车道路行驶工况（如：道路阻力状况、行驶惯性等）有效、等量转移到摩托车底盘测功机上，即摩托车整车道路试验项目以及应用工况法测量摩托车排气污染排放量等试验移至室内进行的专用试验设备。

摩托车在道路上行驶是摩托车相对静止的路面运动，而摩托车在底盘测功机上进行台架动力性试验是在滚筒表面取代路面，并且相对于静止的摩托车作旋转运动。

摩托车底盘测功机行驶阻力的模拟如何实现、精度如何保证则是其技术关键。下面从运动学、动力学入手加以分析。

§3.1 摩托车在道路上行驶^{[8][25]}

摩托车行使在路面上，其发动机曲轴输出扭矩，经传动系统传递给驱动轮，经过轮胎与地面的接触（摩擦力足够大时，视为无滑动的纯滚动运动）产生驱动。同时还收到各种阻力。受力分析如下图：

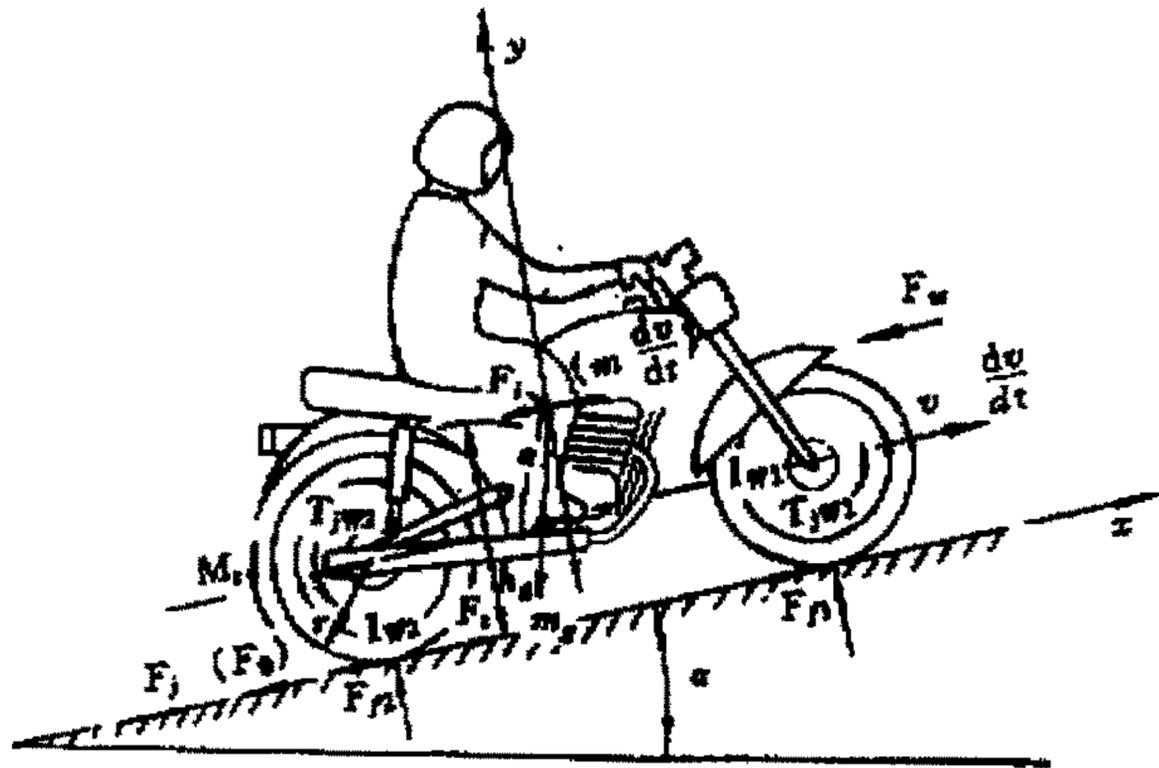


图 3-1 摩托车道路行驶阻力分析

当驱动力等于行驶阻力时，摩托车作匀速运动；当驱动力不等于（大于或者小于）形式阻力时，摩托车作变速（加速或减速）运动。

3.1.1 摩托车的驱动力

摩托车的驱动力是由发动机曲轴输出扭矩，经离合器、变速传动系统（降速增扭作用）传递给驱动轮足够大的驱动扭矩，其对地面产生一圆周力(切向力)，地面由于附着作用给驱动轮一反作用力(当附着条件即路面接触强度足够大时，其与圆周力可视为大小相等、方向相反)即为推动摩托车前进的驱动力。

$$F_t = F_0 = \frac{M_t}{r} = \frac{M_e \cdot i_1 \cdot i_g \cdot i_2 \cdot \eta_\tau}{r} (N) \quad (3-1)$$

式中： F_t ——摩托车的驱动力， N

F_0 ——驱动轮对地面产生的圆周力， N

M_t ——驱动轮上的驱动扭矩， $N \cdot m$

r ——驱动轮工作半径， m ；

M_e ——摩托车发动机曲轴输出扭矩， $N \cdot m$ ；

i_1 ——一次传动比；

i_g ——变速器传动比；

i_2 ——二次传动比；

η_τ ——传动变速系统总传动效率。

3.1.2 摩托车的行驶阻力

摩托车在行驶时受到的各种阻力，统称为行驶阻力。主要有滚动阻力、空气阻力、坡度阻力和惯性阻力。

(1) 滚动阻力

摩托车车轮弹性轮胎在路面上滚动时，来自路面与轮胎接触面之间的各种阻力，统称为滚动阻力。由于前、后轮的受力情况不同，故其滚动阻力则不同。在计算滚动阻力时，按整车的滚动阻力考虑。

$$F_f = f \cdot m \cdot g \quad (N) \quad (3-2)$$

式中： F_f ——整车的滚动阻力， N ；

m ——摩托车整车基准质量（含驾驶员质量 75Kg）， Kg ；

g ——重力加速度, m/s^2 ;

f ——整车滚动阻力系数, 其是路面状况、轮胎结构、充气压力、车速、

载荷等的函数, $f = f_1 \cdot \frac{G_1}{G} + f_2 \cdot \frac{G_2}{G}$;

f_1 ——从动轮的滚动阻力系数;

G ——摩托车整车法向载荷, N ;

G_1 ——从动轮法向载荷, N ;

f_2 ——驱动轮的滚动阻力系数;

G_2 ——驱动轮的法向载荷, N ;

(2) 空气阻力

摩托车行驶时, 在空气中运动受到空气的作用力, 称为空气阻力。其主要由压力阻力(即形状阻力, 迎面压力大于后部压力)和摩擦阻力(即表面阻力, 在摩托车与切向气流摩擦表面上产生)构成。据实验测定, 空气阻力主要是压力阻力, 即:

$$F_w = \frac{1}{2} C_D \cdot A \cdot \rho \cdot v_r^2 \quad (N) \quad (3-3)$$

式中: F_w ——空气阻力, N ;

C_D ——空气阻力系数;

A ——迎风面积, 即摩托车(含驾驶员)行驶方向的正投影面积, m^2 ;

ρ ——空气密度, Kg/m^3 ;

v_r ——相对速度, m/s , 无风时为摩托车行驶速度。

(3) 坡度阻力

摩托车沿纵向坡度上行驶时, 受重力沿坡道分力的作用, 称为坡度阻力。上坡时, 坡度阻力与驱动力方向相反; 下坡时, 两者方向一致。

$$F_i = mg \cdot \sin \alpha \quad (N) \quad (3-4)$$

式中: F_i ——坡度阻力, N ;

α ——纵向坡度角, 度。

若按公路工程技术标准，公路以坡度值即 $p = \tan \alpha$ 表示，并取代 $\sin \alpha$ ：

$$\sin \alpha \approx \tan \alpha \approx p$$

$$\text{则： } F_i = mg \cdot \sin \alpha = mg \cdot \tan \alpha = mg \cdot p \quad (N)$$

可见，用道路的坡度值（以百分数表示）取代 $\sin \alpha$ 时，是在 α 值较小（在 α 小于 17° 时，所带来的误差将不超过 5%）时；若 α 值较大，则不可如此计算。

(4) 惯性阻力

摩托车变速行驶时，除克服上述阻力外，还需克服其本身质量变速运动的惯性力。它由两部分组成：平移质量惯性力和旋转质量惯性力。将其换算到车轮上的等效惯性阻力为：

$$F_j = \delta \cdot m \frac{dv}{dt} \quad (N) \quad (3-5)$$

式中： F_j ——变速行驶，换算到车轮上的总惯性阻力，N；

δ ——质量换算系数；

$$\begin{aligned} \delta &= 1 + \frac{g}{G} \cdot \frac{\sum I_w}{r^2} + \frac{g}{G} \cdot \frac{I_{f1} \cdot i_1^2 \cdot i_g^2 \cdot i_2^2 \cdot \eta_{T1}}{r^2} \\ &= 1 + \left(\sum I_w + I_{f2} \cdot i_1^2 \cdot i_g^2 \cdot i_2^2 \cdot \eta_{T1} \right) \frac{1}{mr^2} \end{aligned}$$

$$\sum I_w = I_{w1} + I_{w2}$$

$\frac{dv}{dt}$ ——摩托车加速度， m/s^2 ；

$\sum I_w$ ——从、驱动轮转动惯量之和， $kg \cdot m^2$ ；

I_{w1} ——从动轮转动惯量， $kg \cdot m^2$ ；

I_{w2} ——驱动轮转动惯量， $kg \cdot m^2$ ；

I_{f1} ——发动机曲轴部件的转动惯量， $kg \cdot m^2$ ；

I_{f2} ——离合器、变速器、二次传动装置等旋转部件的转动惯量， $kg \cdot m^2$ ；

η_{T1} ——除一次传动外的传动效率。

在图 3-1 中， T_{jw1} 、 T_{jw2} 分别为从动、驱动轮产生的惯性转矩。

3.1.3 摩托车道路行驶方程

据上述各力在 x 轴上的投影，可得到摩托车的道路变速行驶方程：

$$\begin{aligned}
 F_t &= F_f + F_w + F_i + F_j \\
 &= fmg + \frac{1}{2} C_D \cdot A \cdot \rho \cdot v^2 + mg \sin \alpha + m \frac{dv}{dt} + \\
 &\quad \frac{I_{w1} + I_{w2} + I_{f1} \cdot i_1^2 \cdot i_g^2 \cdot i_2^2 \cdot \eta_T + I_{f2} \cdot i_g^2 \cdot i_2^2 \cdot \eta_{T1}}{r^2} \cdot \frac{dv}{dt} (N) \quad (3-6)
 \end{aligned}$$

该式表明了摩托车在坡道上变速行驶时的驱动力与行驶阻力的平衡关系，亦表明了摩托车的动力性能。另外，由于滚动阻力系数与行驶速度有关，所以滚动阻力、空气阻力均为车速的函数，在任何条件下均存在，且为正值；而坡道阻力、惯性阻力与车速无关（惯性阻力为加速度的函数），且在一定条件下（即上坡或下坡、加速或减速）存在，且有正负值。

§3.2 摩托车在底盘测功机上行驶

摩托车在底盘测功机滚轮上行驶，前轮被夹紧固定，仅驱动轮和滚轮做相对旋转运动，此时车辆相对滚轮是静止的，车速为零。而滚轮表面则取代了路面。受力分析如图 3-2 所示。

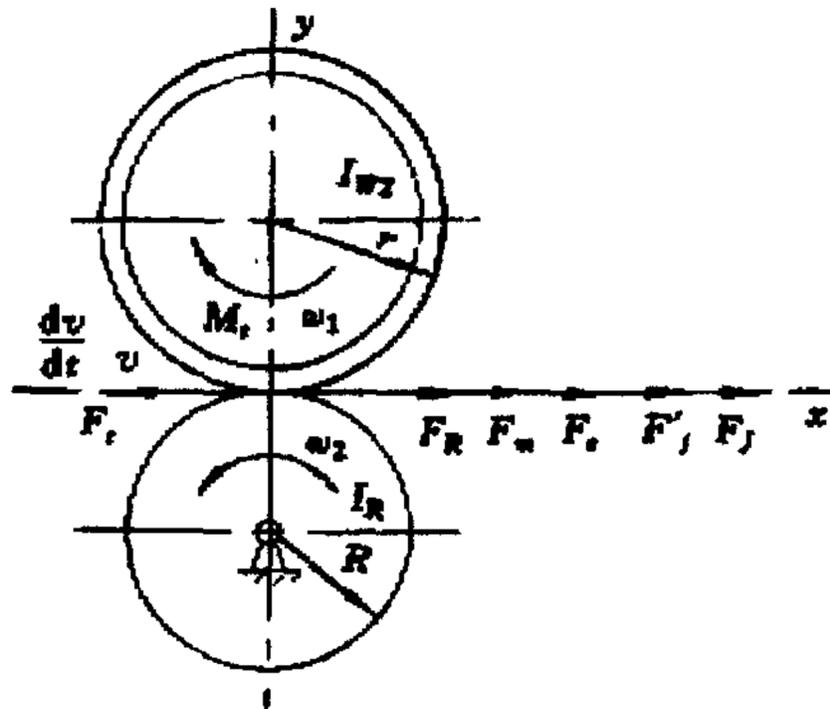


图 3-2 摩托车在底盘测功机上行驶受力分析

通过对驱动轮在滚筒上变速行驶时的受力分析，可得到摩托车在底盘测功机上的变速行驶方程：

$$\begin{aligned}
 F_1 &= F_R + F_m + F_e + F_J + F_j \\
 &= F_R + F_m + \left(1 + \frac{r}{R}\right) F_{f2} + \\
 &\quad \left(\frac{I_{w2} + I_{f1} \cdot i_1^2 \cdot i_g^2 \cdot i_2^2 \cdot \eta_T + I_{f2} \cdot i_g^2 \cdot i_2^2 \cdot \eta_{T1}}{r^2} + \frac{I_R}{R^2} \right) \frac{dv}{dt} \quad (N) \quad (3-7)
 \end{aligned}$$

式中： F_1 ——摩托车的驱动力，N；

F_R ——底盘测功机制动力，N；

F_m ——底盘测功机滚轮、惯性轮及轴系总摩擦阻力，N；

F_e ——驱动轮与滚筒间的滚动阻力， $F_e = \left(1 + \frac{r}{R}\right) F_{f2} (N)$ ；

F_{f2} ——驱动轮道路行驶的滚动阻力，N；

F_J ——驱动轮和发动机曲轴部件、离合器、变速器、二次传动装置等旋转部件的惯性力换算到车轮上的惯性阻力；

$$F_J = \left(\frac{I_{w2} + I_{f1} \cdot i_1^2 \cdot i_g^2 \cdot i_2^2 \cdot \eta_T + I_{f2} \cdot i_g^2 \cdot i_2^2 \cdot \eta_{T2}}{r^2} \right) \cdot \frac{dv}{dt} (N)；$$

F_j ——滚轮、惯性轮及轴系产生的惯性阻力， $F_j = \frac{I_R}{R^2} \cdot \frac{dv}{dt} (N)$ ；

I_R ——滚轮、惯性轮及轴系的转动惯量， $kg \cdot m^2$ ；

r/R ——摩托车驱动轮工作半径与滚筒半径之比。

§3.3 底盘测功机模拟摩托车道路行驶方程

在底盘测功机上模拟摩托车道路行驶状况，底盘测功机必须产生相当于某车型的摩托车在道路上行驶时所呈现的、与车速成函数关系的行驶阻力，即底盘测功机模拟的行驶阻力与道路行驶阻力相等。

比较摩托车在道路上和在底盘测功机上的两个行驶方程式(1)和(2)，则两式右边应相等：

$$F_f + F_w + F_i + F_j = F_R + F_m + F_e + F_J + F_j$$

$$\begin{aligned}
 & F_f + F_w + F_i + m \frac{dv}{dt} + \frac{I_{w1} + I_{w2} + I_{f1} \cdot i_1^2 \cdot i_g^2 \cdot i_2^2 \cdot \eta_{T1}}{r^2} \cdot \frac{dv}{dt} \\
 \text{即:} & = F_R + F_m + F_e + \left(\frac{I_{w2} + I_{f1} \cdot i_1^2 \cdot i_g^2 \cdot i_2^2 \cdot \eta_T + I_{f2} \cdot i_g^2 \cdot i_2^2 \cdot \eta_{T1}}{r^2} + \frac{I_R}{R^2} \right) \frac{dv}{dt}
 \end{aligned}$$

整理并合并同类项:

$$F_f + F_w + F_i + \left(m + \frac{I_{w1}}{r^2} \right) \frac{dv}{dt} = F_R + F_m + F_e + \frac{I_R}{R^2} \frac{dv}{dt}$$

由上式可得:

$$\left(m + \frac{I_{w1}}{r^2} \right) \frac{dv}{dt} = \frac{I_R}{R^2} \frac{dv}{dt} \quad (3-8)$$

由于摩托车驱动轮与滚轮相对旋转, 切点的线速度相等, 则:

$$I_R = \left(m + \frac{I_{w1}}{r^2} \right) \cdot R^2 \quad (3-8')$$

即当量模拟质量: $m_{\text{当}} = I_R / R^2 = m + \frac{I_{w1}}{r^2}$

$$\begin{aligned}
 F_R + F_m + F_e &= F_f + F_w + F_i \\
 F_R &= (F_f + F_w + F_i) - (F_m + F_e)
 \end{aligned} \quad (3-9)$$

分析式(3-8)、式(3-9), 可得到如下结论, 并为其机械设计与程序控制提供了理论基础:

从式(3-8)可见, 要使底盘测功机模拟摩托车道路行驶中的惯性阻力, 只要使滚筒跟轴上所有旋转部件(包括惯性飞轮、主轴、联轴器、电机轴、测功机等)

产生的惯性阻力 $\left(\frac{I_R}{R^2} \cdot \frac{dv}{dt} \right)$ 等于摩托车整车基准质量和从动轮旋转质量产生的惯性阻力之和即可。

从式(3-8')可见, 底盘测功机滚轮轴系的转动惯量应等于受试摩托车整车基准质量与从动轮当量旋转质量之和与滚轮半径平方的乘积; 或者讲, 底盘测功机的当量模拟质量应等于受试摩托车基准质量与从动轮转动惯量的当量质量之和。也就是采用飞轮组来实现。

从式(3-9)可见, 要使底盘测功机模拟摩托车道路行驶中的滚动阻力、空气阻力和坡度阻力, 只要使底盘测功机的制动力等于路面行驶的滚动阻力、空气阻力

和坡度阻力之和，减去底盘测功机滚轮、惯性轮及轴系总摩擦阻力和驱动轮与滚轮间的滚动阻力之和即可。该测功机的主要功能是针对摩托车的十五工况法测排放污染，因此按 GB/T 18176—2002 的要求该测功机在十五工况法测排放时可以不考虑坡度阻力。实现的方法是先得到摩托车的道路行驶阻力，同时得到测功机的摩擦阻力和摩托车传动系统的阻力。行驶阻力可以通过下面的道路试验方法得到，而测功机的摩擦阻力和摩托车传动系统的阻力则通过倒拖电机来测取。

§3.4 道路试验^{[4][40][41]}

要得到摩托车在路面行驶的滚动阻力、空气阻力之和，则需要采用惯性滑行法对其进行试验。将得到的与转速相对应的阻力值拟合成一条曲线储存在控制节点中，在测试的时候就可以通过测量转速来选取其对应的阻力值，然后在底盘测功机上进行阻力设定。按照 GB/T 5378—1994 中的规定，摩托车和驾驶员在符合规范的道路上进行道路滑行试验，道路试验包括以下几个部分：

(1) 测点速度 V_j

受试摩托车应从接近 80%最高速度的车速（选取 10km/h 的倍数点）开始，以 10km/h 或 5km/h 的级差递减，直至 20km/h，至少应测取 5 点。该底盘测功机从 60km/h 开始测试，按 5km/h 的级差递减，直至 20km/h。

(2) 滑行初速度 V_{jk}

$$V_{jk} = V_j + \Delta V_j$$

式中： $\Delta V_j = 0.1V_j$ （在测试仪器难以达到时，可取 5km/h 或 10km/h）。

(3) 滑行末速度 V_{jj}

$$V_{jj} = V_j - \Delta V_j$$

(4) 滑行时间的测量

在预热行驶后，摩托车应尽快地加速。在车速超过滑行初速度约 10km/h 后调整好驾驶姿态，迅速切断动力，确保在滑行初速度之前进入滑行。滑行时，若摩托车转换到空挡位置比较困难，可在离合器分离的条件下实现滑行。对于那些无法切断发动机传动机构的摩托车可以用其他动力装置进行牵引。同时应尽可能的避免转向操作，在结束滑行测量前不应使用制动器。

相对于测点速度 V_j 的滑行时间 ΔT_{jai} 应为受试摩托车从速度 V_{jk} 到 V_{ji} 所经过的时间，反向滑行仍按上面的步骤进行，并测量滑行时间 ΔT_{jbi} ，且同一组试验往返时间间隔应尽可能的短。

计算往返滑行时间 ΔT_{jai} 和 ΔT_{jbi} 算术平均值 ΔT_{ji} ，往返时间偏差不得超过 10%。

$$\Delta T_{ji} = \frac{\Delta T_{jai} + \Delta T_{jbi}}{2} \quad (3-10)$$

试验至少要进行四次，而且任意两次滑行时间的偏差不得超过 3%，各个测点速度均按上述步骤进行，从而测得各测点速度下滑行时间 ΔT_j 。

$$\Delta T_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta T_{ji} \quad (3-11)$$

若测量仪器能保证，最好由一个连续的滑行来获得各测点速度下的滑行时间。

§3.5 数据处理

(1) 行驶阻力的计算

在测点速度 V_j 的行驶阻力由下式计算：

$$F(V_j) = \frac{1}{3.6} (m + m_r) \frac{2\Delta V_j}{\Delta T_j} \quad (3-12)$$

式中： $F(V_j)$ ——测点速度 V_j 时的行驶阻力，N；

m ——受试摩托车质量，包括驾驶员和仪器的质量，kg；

m_r ——所有车轮及在道路上行驶时随车轮转动的摩托车零部件的当量惯量，kg。

该测功机的 m_r 可通过下面的经验公式来确定：

$$m_r = \frac{X \cdot m}{100} \quad (3-13)$$

式中： X ——用经验公式选择时估计的一常系数， $X=7$ 。

对于无法测取的高速点（90%最高车速点和最高测速点）和低速点（20km/h 以下的速度点，如 10km/h），其行驶阻力由 5.1 绘制的行驶阻力曲线向外延伸推

出。

§3.6 底盘测功机阻力设定

3.6.1 测功机设定程序

测功机作用的负荷力 F_E 由总摩擦阻力 F_f (F_f 为测功机的转动摩擦阻力、轮胎滚动阻力及摩托车行驶系统转动部分的摩擦阻力的总和) 和功率吸收部分的制动力 F_R 组成。用下述等式表示:

$$F_E = F_f + F_R \quad (3-14)$$

因此, 前面道路试验得出的行驶阻力 $F(V_j)$ 希望在测功机上按照摩托车行驶速度再现产生, 即:

$$F_E(V_j) = F(V_j) \quad (3-15)$$

(1) 总摩擦阻力的测定

底盘测功机上的总摩擦阻力 F_f 的测试采用设计的倒拖电机进行测量。方法是采用恒速倒拖试验法来测量试验台的总摩擦阻力, 其原理是: 摩托车停在转鼓上, 通过倒拖电机带动转鼓, 倒拖摩托车驱动轮及转动系, 再测定摩托车在底盘测功机上的总摩擦阻力。底盘测功机在倒拖模式下, 转鼓由电机带动加速到各测量点 ($v_1 \sim v_n$), 稳定后测出相对应的阻力 $F_{f1}(F_{f1} \sim F_{fn})$, 将它们按类型存储起来供道路模拟时补偿。

3.6.2 功率吸收部分的制动力计算

测点速度 V_j 下测功机的制动力 $F_R(V_j)$ 由行驶阻力 $F(V_j)$ 减去 F_f 计算得出:

$$F_R(V_j) = F(V_j) - F_f(V_j) \quad (3-16)$$

根据该公式结合前面所得到的道路阻力的曲线, 通过最小二乘法可以拟合出一条曲线, 该曲线反应的是底盘测功机的制动力跟转速之间的关系, 通过该曲线可以对底盘测功机进行设定, 设定的方法是在控制节点中通过运算以后可以改变电涡流测功机的加载电流来实现。

第四章 控制系统的硬件设计^{[29][34]}

硬件系统的设计对整个底盘测功机的设计是至关重要的，硬件系统的设计的好坏直接影响到这个系统运行的稳定性，测量数据的精确性，系统的实时性。该底盘测功机基于 CAN 总线的控制系统的设计，使得系统扩展非常简单。控制系统主要有三个 CAN 节点，包括数据采集节点、系统控制节点、通讯节点。数据采集节点主要负责底盘测功机整个系统的数据采集和传输；系统控制节点则是根据数据采集节点发送的数据以及上位机的控制要求进行判定和运算，然后向电涡流测功机发出控制信号，实现对测功机的精确控制；通讯节点主要负责将上位机和下位机之间的数据交换进行转换和传输。这样整个系统分工明确，编程简单。

控制系统的原理框图如下：摩托车底盘测功机通过 CAN 数据采集节点对系统采集的数据进行处理，然后通过 CAN 控制节点对摩托车底盘测功机进行控制。

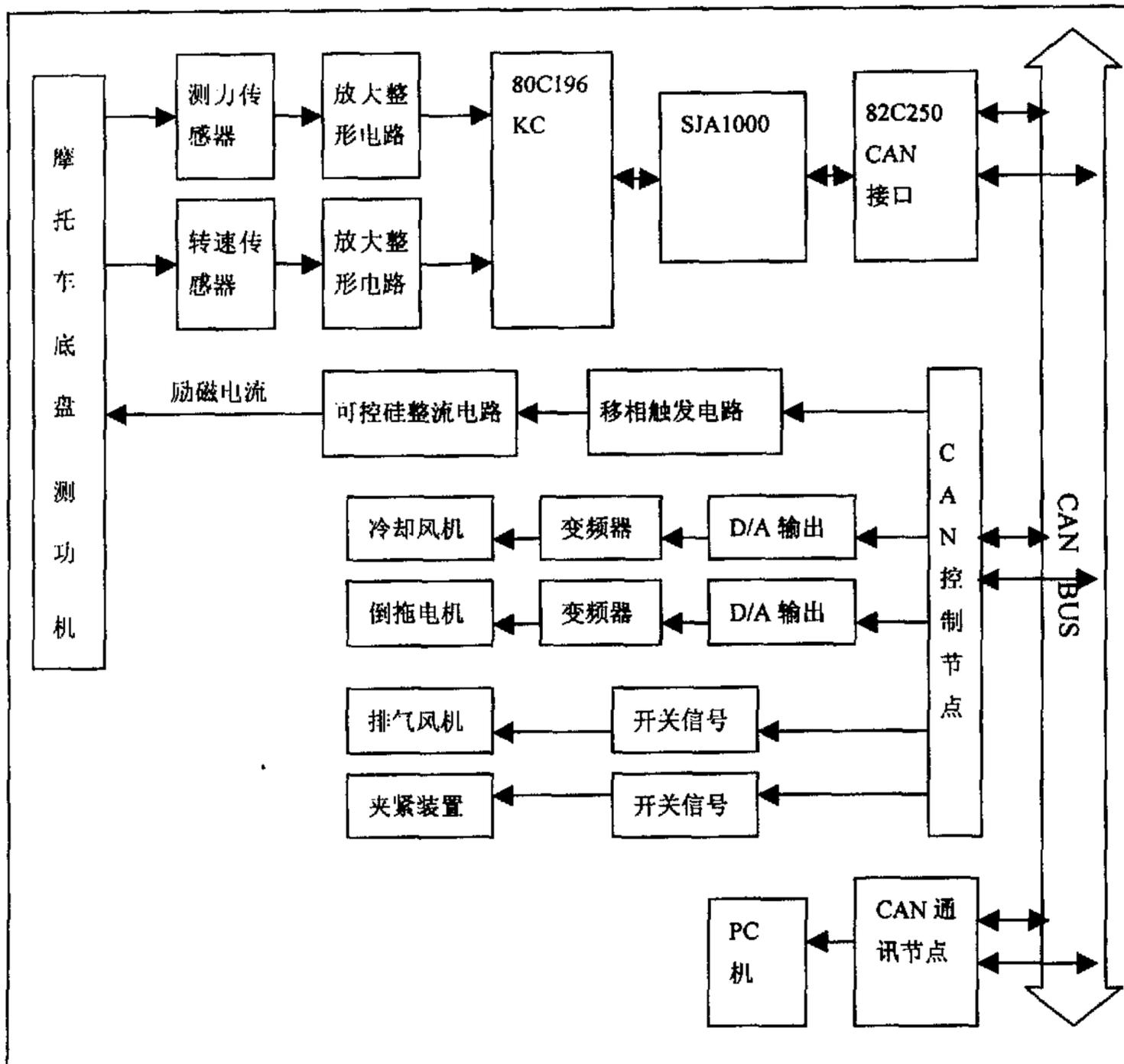


图 4-1 控制系统原理框图

该系统通过 CAN 总线将通讯节点和数据采集节点、控制节点组成 CAN 通讯网络，实现节点之间的无主通讯。各个节点经过设定后 CAN 控制器上的滤波器会通过判定 ID 来接收信息，使节点只接收对应的控制量。

在本系统中，控制系统需要测量的参数主要是滚筒的转速，测功机的扭矩。由于控制系统采用闭环控制，因此这两个参数将作为系统的控制变量，其测量至关重要。参数经过测量以后再通过放大整形电路输入到 80C196KC，经过单片机的处理以后发到 CAN 总线上。

80C196KC 具有以下的一些特点^[26]：

(1) CPU 中的算数逻辑单元不采用常规的累加器结构，改用寄存器—寄存器结构，CPU 的操作直接面向 512 字节的寄存器，消除了一般 CPU 结构中存在的累加器的瓶颈效应，提高了操作速度和数据吞吐能力。

(2) 有一套效率更高、执行速度更快的指令系统，可以对带符号数和不带符号数进行操作。

(3) 增加了一个外设事务服务器 PTS，专门用于处理外设中断事务；它是一种微代码硬件中断处理器，提高了中断事务的实时处理的能力，比普通中断的服务大大减少了 CPU 的软件开销。

(4) 片内具有八通道十位 A/D 转换器、高速输入输出接口、脉宽调制输出，能在不需要另加硬件的基础上方便地实现 A/D 转换、转速测量、脉宽调制输出，简化了系统，有利于提高系统的可靠性。

(5) 80C196KC 还集成了更为丰富的外设装置：①振荡器和时钟发生器；②定时器 / 计时器；③标准输入 / 输出口；④全双工异步和同步串行输入 / 输出口；⑤监视定时器(Watchdog)，用于提高系统抗干扰能力；⑥模拟 / 数字转换器；⑦高速输入 / 输出器(HSIO)或事件处理器阵列(EPA)，用于记载引脚上输入事件的发生时刻，和按预定时间执行操作；⑧脉宽调制输出，可用于直接驱动电机类的元件，或滤波后获得直流输出；⑨波形发生器，可直接输出三相脉宽调制波形，特别适用于变频调速电机控制系统，可用于驱动三相交流感应电机、直流无刷电机、步进电机等多种类型的电机；⑩频率发生器，能产生一定范围的频率信号，形成频率调制的编码信号。

§4.1 CAN 数据采集节点设计^{[16][17][18][19][20][21]}

采集节点微控制器选用 80C196KC, CAN 接口由独立控制器 SJA1000 和 CAN 控制器接口芯片 82C250 组成, SJA1000 是 Philips 公司生产的独立的 CAN 控制器, 它在汽车和普通的工业应用上有先进的特征。SJA1000 有一系列先进的功能, 适合于多种应用, 特别在系统优化、诊断和维护方面非常重要。它可以连接各种微控制器接口; 和 CAN2.0B 协议兼容; 具有扩展的接收缓冲器 (64 字节、先进先出 FIFO); 位速率可达 1Mbits/s; 具有增强的验收滤波器, 支持 11 位和 29 位标识符的滤波; 具有强有力的错误处理能力。其结构如图 4-2 所示。

SJA1000 根据 CAN 规范控制帧的发送和接收。接口管理逻辑负责连接外部主控制器 (该控制器可以是微控制器或任何其他器件, 在本节点中选用 80C196KC), 经过 SJA1000 复用的地址/数据总线访问寄存器和控制读/写选通信号。SJA1000 的发送缓冲器能够储存一个完整的报文 (扩展的或标准的), 当主控制器初始化发送, 接口管理逻辑会使 SJA1000 从发送缓冲器读 CAN 报文。当接收到一个报文时 SJA1000 将串行位流转换为用于验收滤波器的并行报文, 通过这个可编程滤波器, SJA1000 能确定主控制器要接收哪些报文。所有收到的报文由验收滤波器验收并存储在接收 FIFO。储存报文的多少由工作模式决定而最多能存储 32 个报文。因为数据超载可能性被大大降低这使用户能更灵活地指定中断服务和中断优先级。

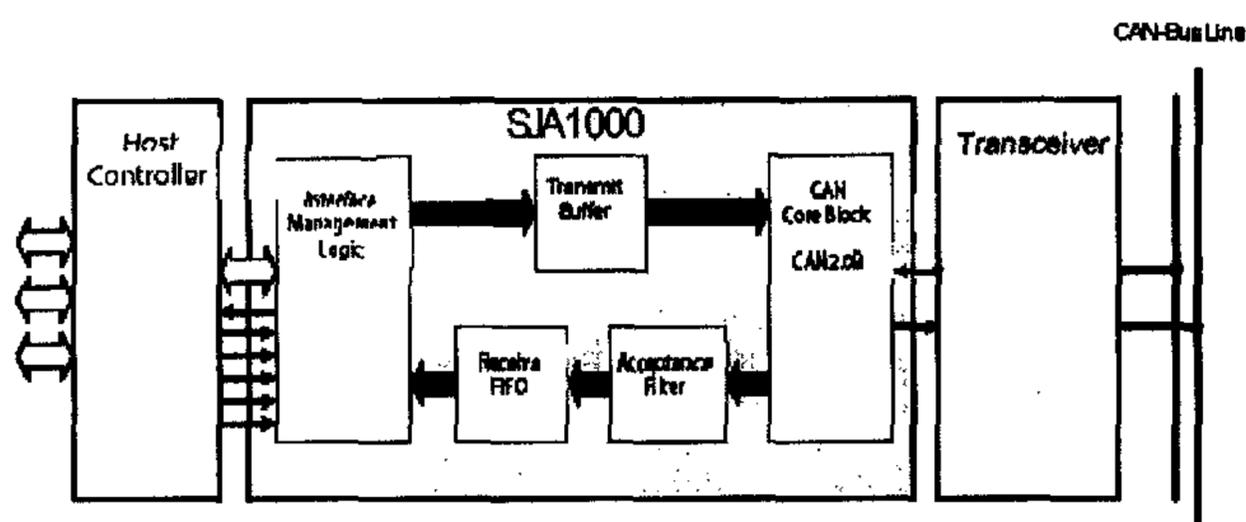


图 4-2 SJA1000 结构示意图

SJA1000 通过 CAN 控制器接口芯片 82C250 连接在物理总线上, 用于增强总线的驱动能力。82C250 器件提供对总线的差动发送能力和对 CAN 控制器的差动接收能力, 完全与 ISO11898 标准兼容。其引脚 8 (Rs) 允许选择三种不同的工作方式: 高速、斜率控制和待机。在低速和总线长度较短时, 一半采用斜率控制方式, 限制上升和下降斜率, 降低射频干扰, 斜率可通过由引脚 8 至地连接电

阻进行控制。斜率正比于引脚 8 上面的电流输出。

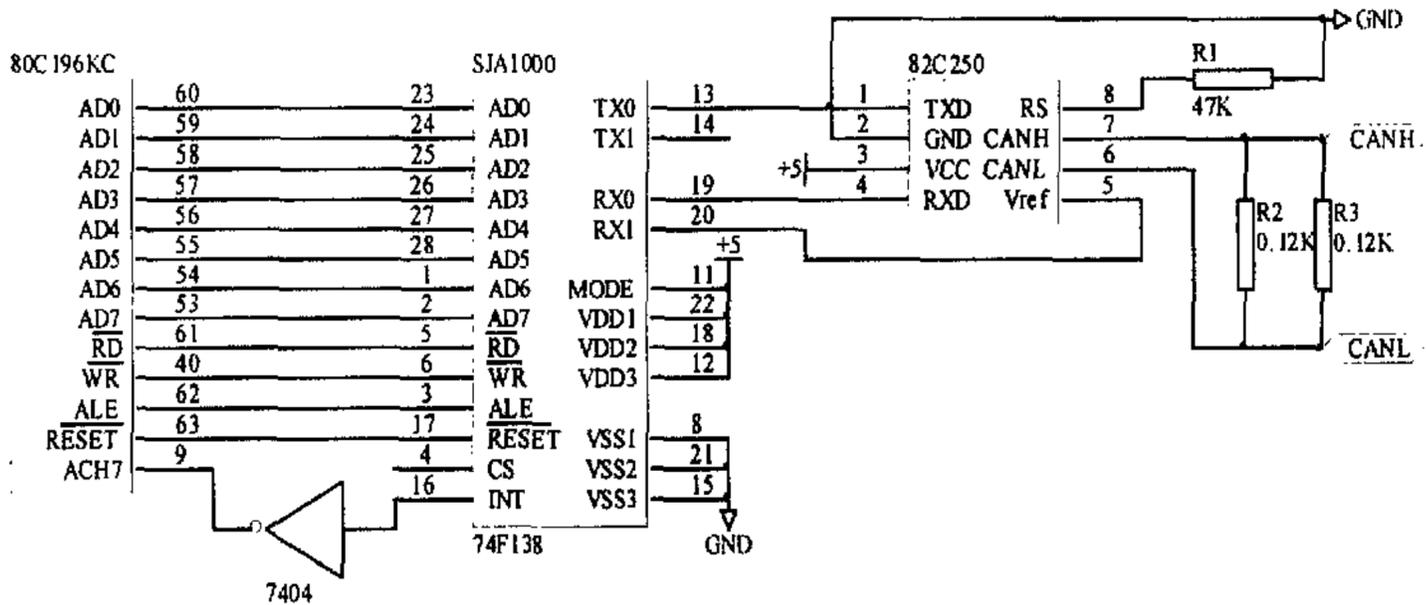


图 4-3 数据采集节点硬件原理图

采集过来的转速和扭矩信号经过放大整形电路处理以后输入到 80C196KC 中，微控制器对数据经过处理以后就可以将这些数据通过 SJA1000 转换成 CAN 的格式，通过 CAN 接口发送到 CAN 总线上面。

(1) 转速信号处理电路^{[27][32]}

底盘测功机中的转速信号是个十分重要的控制参数，因此准确的测量这个参数显得尤为重要，信号的获取是在底盘测功机的滚筒轴上装有测速齿轮，每转一周装在测速齿轮上的转速传感器（磁电式传感器）产生 60 个脉冲信号，电涡流测功机的磁电式传感器输出的转速信号是交变的电压信号，先对信号进行放大整形（见图 4-4），而信号的测量使用 80C196KC 中的 HSI（高速输入器）。由于底盘测功机滚筒的转速比较低，因此测量方法是使用测周法，只测信号的一个脉冲的周期，因此测试程序简化。HSI（高速输入器）用于记录某以外部事件发生的时间，时间基准由 80C196KC 的定时器 1 提供，共可记录 8 个事件。

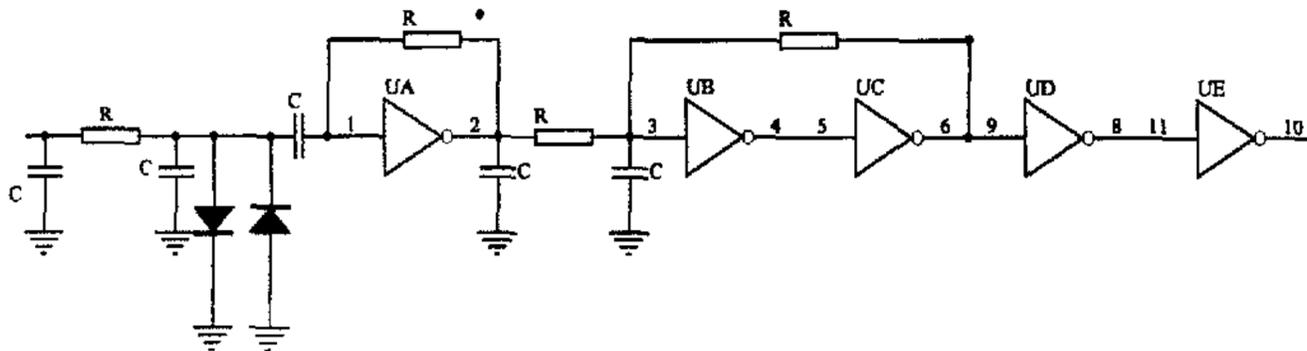


图 4-4 转速信号处理电路

(2) 扭矩信号处理电路

如图 4-5 所示，扭矩信号的放大采用运放 ICL7650，信号经过放大以后直接输入到 80C196KC 的 A/D 转换电路，经过标定以后便可以作为控制节点的控制参数。

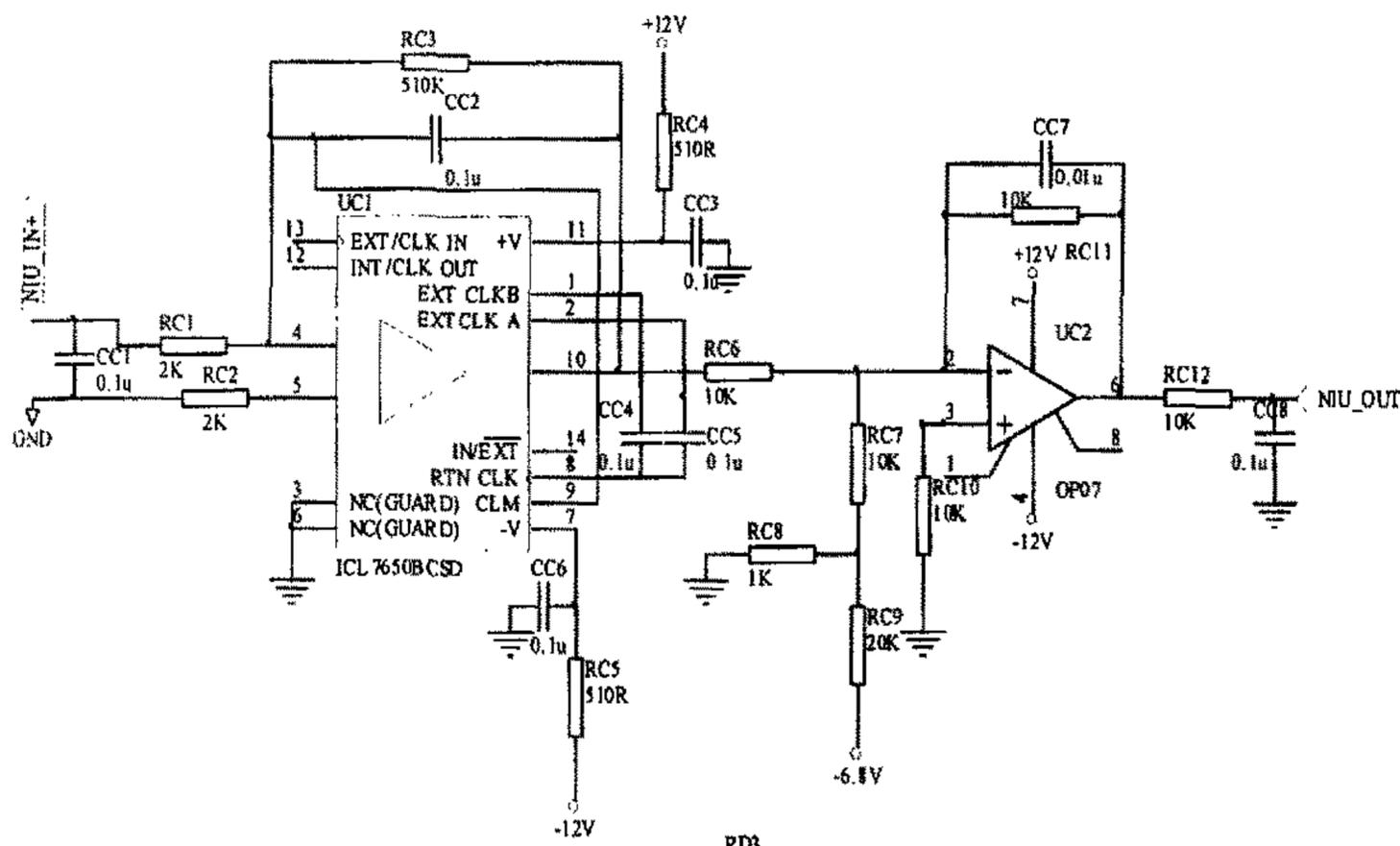


图 4-5 扭矩信号处理电路

§4.2 CAN 控制节点设计^{[22][28]}

底盘测功机控制系统的控制节点是控制系统的核心，它要对采集系统送过来的数据以及上位机发出的指令进行运算和处理，然后通过 D/A 输出向电涡流测功机发出控制信号，从而达到测试的要求。

控制节点的原理图跟采样节点的原理图类似，但是为了达到控制电涡流测功机的目的，控制节点的后向通道加了三路 D/A 输出，分别用于控制电涡流测功机、倒拖电机的变频器和冷却风机的变频器。D/A 输出采用 MAX501 芯片，MAX501 是一个 12 位的 D/A 输出芯片，可以完全满足测功机的控制精度。D/A 输出电压加载到移相触发电路上面，由移相触发电路对可控硅整流电路进行控制。

(1) 移相触发电路

移相触发电路的控制芯片采用 KC05，这是一个可控硅移相触发器，适用于双向可控硅或两只反向并联的可控硅线路的交流相位控制。

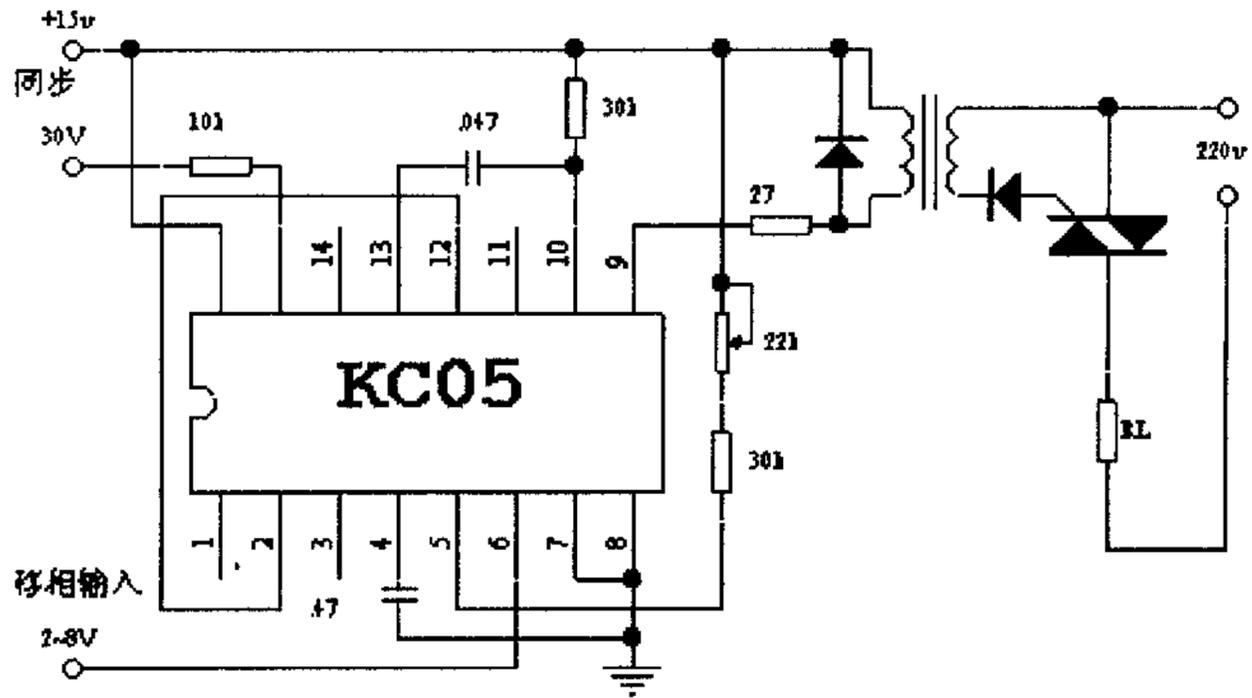


图 4-6 KC05 的原理图

KC05 的原理图如图 4-6 所示，从第 6 脚输入 2~8V 的移相电压就可以控制可控硅整流电路的电流，从而达到控制电涡流测功机的目的。

(2) 后向通道的原理图^[33]

D/A 芯片用的是 Matrix 公司生产的 12 位的 MAX501 芯片，图 4-7 是 MAX501 的结构图，它是个电压输出型的 D/A 转换器。其内部的电阻都是用来在转换时候补偿用的。它内部带有一个运算放大器。

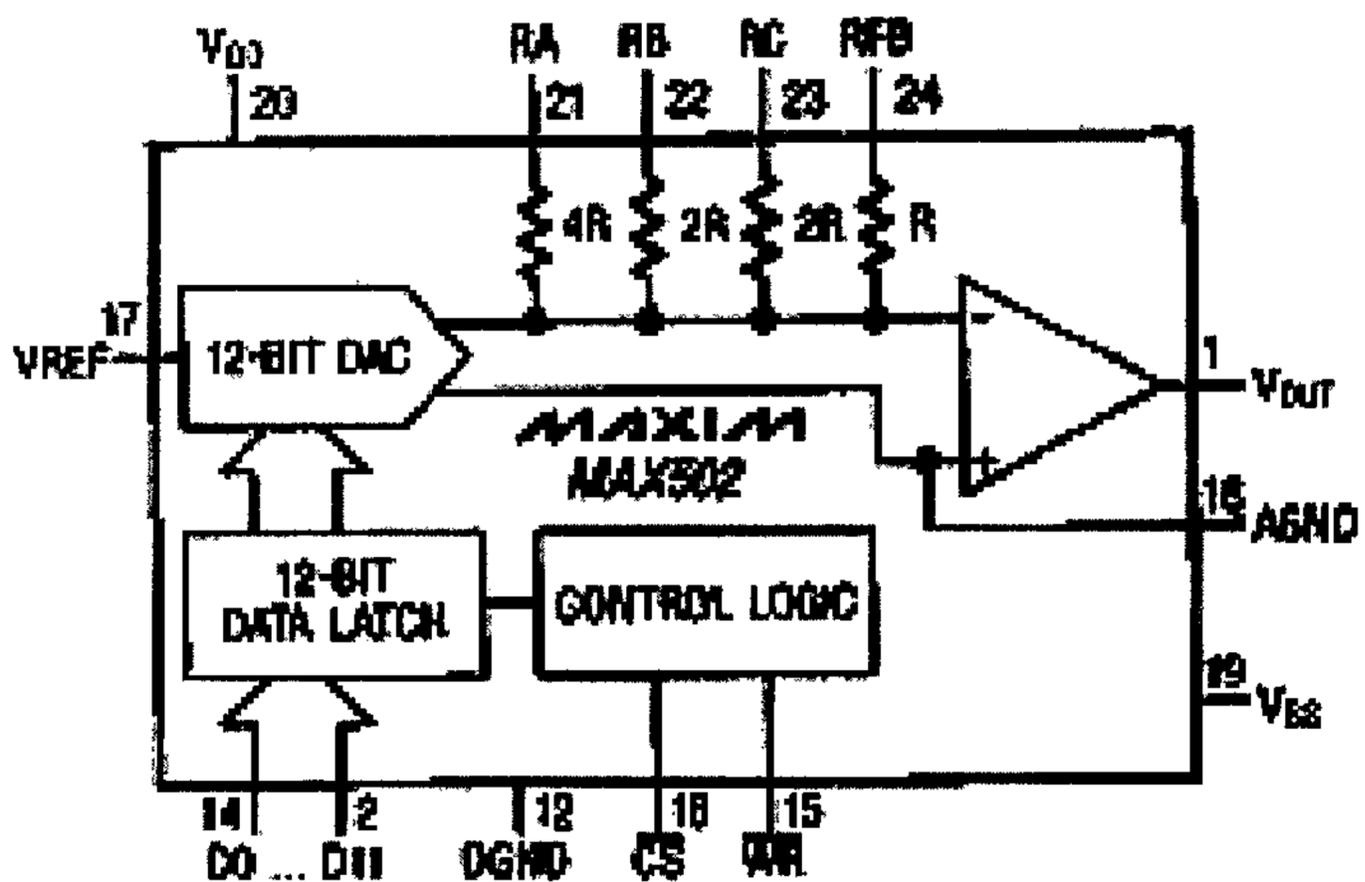


图 4-7 MAX501 的结构图

图 4-8 是用于控制移相触发电路的原理图，另外两片的电路与该电路相类似。在 MAX501 外部，低四位的数据输入端 D0~D3 和高四位输入端 D8~D11 相连，形成 8 位宽度的数据线与 74LS245 的输出端相连。其片选的地址由整个控制系统统一安排。74LS245 是总线驱动芯片，提高总线的驱动能力。

MAX501 输出的是 0~5V 的电压，而移相触发电路需要的是 2~8V 的电压，因此需要对 D/A 输出进行放大才能满足移相触发电路的要求。采用 LF356 对 D/A 输出电压进行两倍的放大，原理图如图 4-5 所示。

图中有两个运算放大器，其中一个是对 D/A 输出进行两倍的放大，另外的一个是对参考电压进行微调用的。MAX501 的 D/A 输出经过了运算放大器 LF356 的放大以后变成 0~10V 的范围，这样就可以满足移相触发电路的要求。

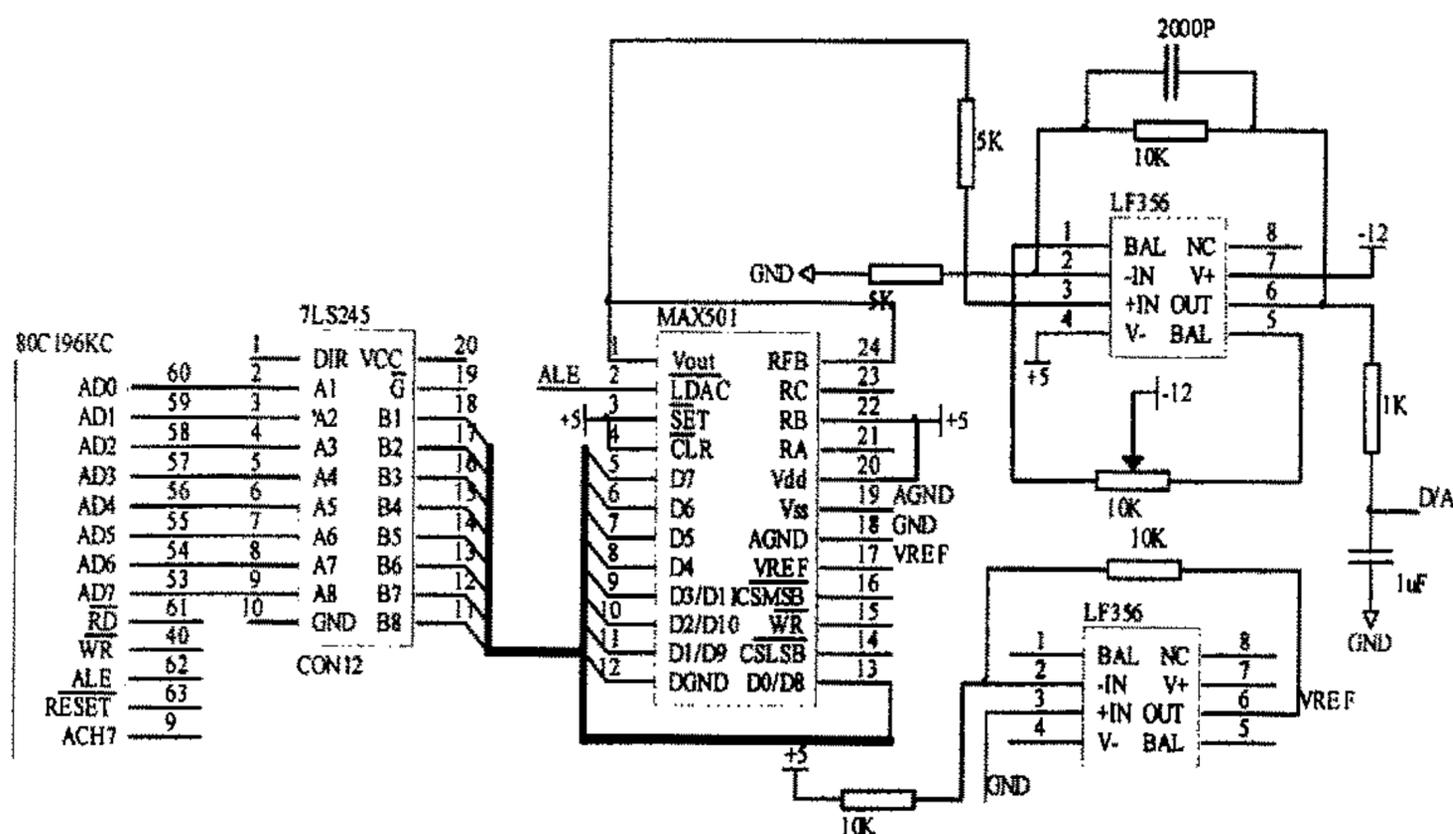


图 4-8 D/A 输出电路

(3) 开关信号输出

该底盘测功机还有排气鼓风机和夹紧装置的电磁阀需要控制，该控制系统采用 80C196KC 空余的 I/O 口来进行控制，拟用 P1.0 和 P1.1 分别控制排气鼓风机和夹紧装置电磁阀，控制信号需要经过大功率三极管 2073 放大、驱动来实现。

§4.3 通讯节点设计

在很多场合，嵌入式系统与 PC 机多采用 RS232/RS485 串口连接进行通讯，其缺点是通信速度低、可靠性不高。而 PCI 卡虽然通信速度快，但是安装很不方

便,价格昂贵,而且开发周期也非常长。USB 总线(通用串行总线)是 Microsoft、Compaq、Intel、NEC 共同制订的一个串行总线标准,由于其通信速度快,连接简便、可靠性高等特点,正在计算机系统应用领域得到迅速发展。因此将 USB 应用到底盘测功机也是一种新的尝试。

1 USB 的主要优点^{[23][24]}:

(1) 使用方便。连接外设不必再打开机箱;允许外设热拔插,而不必关闭主机电源。

(2) 速度快。USB 接口的最高传输速率可达 12Mb/s;提供低速方式,速率为 1.5Mb/s。扣除用于总线状态控制和错误检测等数据传输,最大理论速度也能达到 1.2Mb/s 和 9.6Mb/s。

(3) 连接灵活。一个 USB 接口理论上可以连接 127 个 USB 设备。连接的方式十分灵活,既可以使用串行连接,也可以使用集线器 Hub,把多个设备连接在一起,在同 PC 机的 USB 口相接。

2 接口硬件设计

通讯节点包括两个接口,一个是 CAN 接口,一个是 USB 接口,CAN 接口负责与其余的 CAN 节点之间进行通讯;而 USB 接口则负责同上位机进行通讯,通过同一个微控制器控制两个接口,这样就可以达到上位机与下位机之间的通信,也突破了常用的串口通信带来的通信速度慢的瓶颈。微控制器采用 Philips 公司的 P89C52, CAN 总线接口采用 Philips 公司的 SJA1000CAN 控制器和 PCA82C250 驱动芯片构成。

USB 接口由 P89C52 和 Philips 公司的 PDIUSB12 芯片构成,PDIUSB12 能够实现微控制器的并行总线到 USB 总线的接口功能,且编程方便,适用于多种微控制器。它具有实现 USB 功能的 PLL(Phase-locked Loop)、SIE(Serial Interface Engine, 串行接口引擎)、FIFO(先进先出队列)模块,与一个普通的微控制器相连接,再加上必要的外围芯片,就可实现一个功能完备的 USB 外设。PDIUSB12 是一个性能优化的 USB 器件,通常用于基于微控制器的系统并与微控制器通过高速通用并行接口进行通信,也支持本地 DMA 传输。该器件采用模块化的方法实现一个 USB 接口。允许在众多可用的微控制器中选择最合适的作为系统微控制器。允许使用现存的体系结构并使固件投资减到最小。这种灵活性

圈在火花塞跳火前会产生近两万伏的高压；火花塞高压放电，点火线圈，高压线都会向空间发射很强的辐射波，这种辐射波有很宽的频谱，对电子系统的干扰破坏很严重。此外，单片机的数字地模拟地的接法，以及参考电压等，如果处理不当，都会对系统产生干扰，下面对干扰源进行分析。

1) 信号通道的干扰

底盘测功机的控制系统有输入和输出通道，它们是控制单元和测功机机信息交换的重要部件。本系统信息输入和输出通道包括传感器采集信号、D/A 输出，以及电磁阀驱动系统信号输出。由于点火系统在点火高压放电的过程中，形成强烈的干扰电磁波和强大的冲击电流。这些干扰电磁波和干扰电流以振荡的形式形成辐射噪声叠加在输入和输出信号上（图 4-10 是信号传输干扰示意图）进入控制系统，经常导致计算机控制瞬时失效、程序异常、外部设备误操作和控制信号出错，从而影响整个控制系统的准确性。

2) 接地线的干扰

单片机控制系统的接地与一般的电器设备接地不同，接地不良和方法不正确的电路回路都会对控制系统造成干扰。这些干扰信号同样会导致控制系统工作失常。

为了有效地消除或抑制系统存在的干扰，在软件和硬件设计上采取抗干扰措施，下面对这方面设计进行介绍。

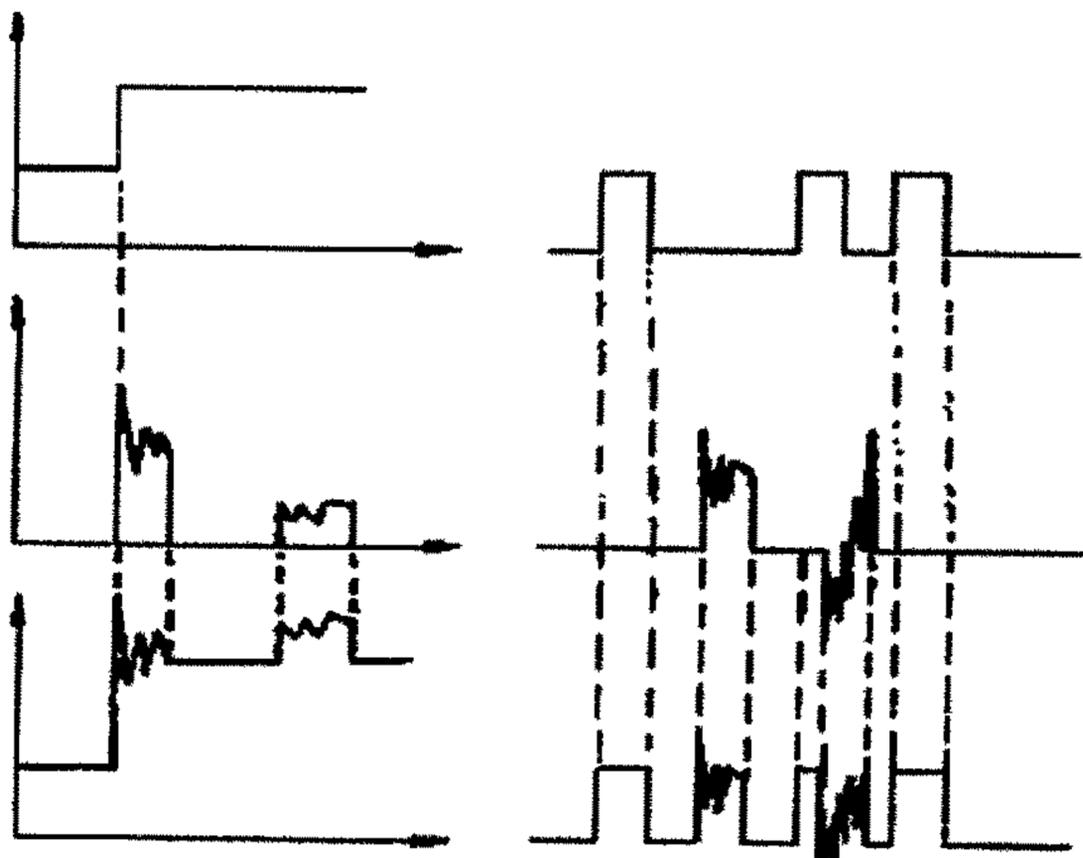


图 4-10 信号干扰示意图

2 控制系统硬件抗干扰设计

作为单片机控制单元，它的干扰来自多方面，有来自空间的电磁场辐射，也有发动机产生的电磁噪声，起动电机的起动脉冲造成对电控单元工作电源的干

扰, 旋转电磁铁和高速电磁阀频繁开关造成工作电源的高频尖脉冲干扰。这种干扰甚至会在线路板不同线路之间相互耦合, 所以合理的电控单元硬件布置和软件抗干扰措施是保证系统的抗干扰性能, 提高系统可靠性的强有力的手段之一。

(1) 电源干扰的抑制

该底盘测功机上采用了两种电源, 电网电源和蓄电池。由于蓄电池受各种负载和充电量的影响, 波动范围比较大, 一般为 8—12V。实验中此电源用于驱动起动电机和喷射器驱动电源。在产品化过程中, 是采用蓄电池作为所有的电源。系统中将信号电路、功率电路采用光耦器进行隔离, 避免了线路公用。

电磁阀的开启会引起电源电压的波纹现象, 对单片机的 A/D 采样造成信号波动。在设计完成一独立的 V_{REF} 与 AGND 基准电源设计, 至于 AGND, 应尽量保证它上面无噪声。而蓄电池供整个汽车电器使用, 系统地上噪声信号很强。在单片机电源处理上采用共模低频扼流线圈将 AGND 与系统地 V_{SS} 隔开, 防止驱动电源 $\pm 12V$ 和地线上干扰脉冲窜入数字电路和模拟电路。可以取得很好的效果。实际电源电路包括滤波电路、稳压电路, 如图 4-11 所示。滤波电路由共模扼流线圈和电容 C1、C2、C3、C4 组成。滤波后有稳压管 7805 稳压, 再由 C5、C6 滤波后供单片机使用。

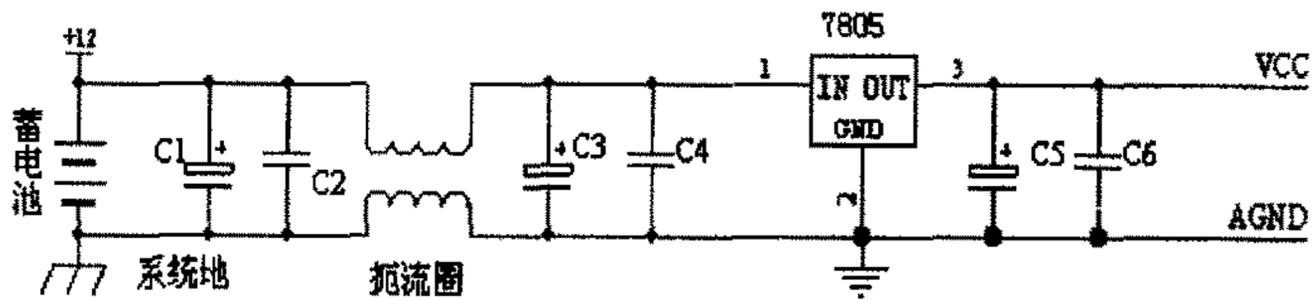


图 4-11 电源滤波与地线分布电路图

(2) 接地的抗干扰措施

控制系统接地的有效设计能消除接地产生的噪声干扰。系统采用以下有效方法来抑制电线的干扰。

- a) 机壳接地：控制系统的机壳接地, 对控制设备采用屏蔽和屏蔽线接地的方法来消除空间产生的电磁干扰。
- b) 并联一点接地：系统中把传感器的输入电路和输出信号电路的地线并联一点接地, 使各支路电流在导线上产生的压降互不影响, 不会形成干扰。
- c) 交流地与信号地不公用：因在一段电源地线地两端间会有数 mV、甚至几 V 电压, 对低电平信号的电路来说是一种严重的干扰。系统在信号地端接入 RC 电路消除干扰信号地串入。
- d) 数字地与模拟地：数字地通常有很大的噪声, 而且电平地跳跃会造成很大的电流尖峰, 系统中转速信号为数字信号、而扭矩和电流信号为模拟信号, 为了有效的消除它们之间的相互干扰, 把所有的数字地共线, 模拟地共线并且

分开走线，各自地汇成一点连接，经汇流线接地。在信号接地前加入一个电阻以降低电流地反串。

(3) 空间干扰抑制

空间电磁干扰指电磁场在线路、导线、壳体上的辐射、吸收与调制。干扰来自应用系统的内部和外部、市电电源是无线电波的媒介，而在电网中有脉冲源工作时，它又有辐射天线，因而任一线路、导线、壳体都存在辐射、接受、调制。在现场解决空间干扰时，首先要正确判断是否是空间干扰。本系统为解决空间干扰，对系统接地进行了良好的设计，在信号传输线路中采用屏蔽线进行信号传输。

3 控制系统软件抗干扰设计

在软件上主要是对重要信号进行软件滤波，转速信号对整个测功机系统来说尤其重要，为了防止转速信号丢失或脉冲干扰，必须进行转速滤波，目前采用的滤波措施比较简单，连续测量转速信号 5 次，去除最大值和最小值，然后求其平均值可以较好消除奇异值。模拟信号抗干扰措施采用抗尖脉冲干扰的平均值滤波方法，具体设计为：连续采样某路 AD 值 5 次，去掉最大最小值，对余下等结果求取平均。当采样信号由于随机干扰引起严重失真，可采用程序判断滤波。

首先确定两次采样输入信号可能出现的最大偏差 ΔX ;

$|X(i) - X(i-1)| \leq \Delta X$ 则 $X(i) = X(i)$ 取本次采样值

$|X(i) - X(i-1)| > \Delta X$ 则 $X(i) = X(i-1)$ 取前次采样值

再采用算术平均滤波法，把 N 个采样值求算术平均。

$$\bar{Y}(k) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n X(i)$$

式中： $\bar{Y}(k)$ —第 k 次 N 个采样值的算术平均值

$X(i)$ —第 i 次采样值

第五章 系统软件设计

§5.1 下位机软件设计^{[9][10][11]}

该底盘测功机的主要功能是满足十五工况法测摩托车污染排放时道路阻力的模拟，因此系统软件主要也是针对底盘测功机阻力模拟而设计的。

控制节点和数据采集节点用的控制器是 80C196KC，而通讯节点的控制器用的是 89C52。为了使程序简化，易懂同时可移植性增加，对下位机软件编程采用 C 语言。C 语言作为一种通用的中级语言，可以大幅度提高单片机系统开发的工作效率，使之能够充分发挥出单片机处理器日益提高的性能，缩短产品的周期。

作为中级语言，C 语言支持对位字节和地址有关计算基本成分的操作，支持对位、字（字节）、指针的直接操作。C 语言又是具有高级语言特征的结构化语言，即将程序和数据分离，通过子程序变量的定义可以将各部分程序功能模块化。汇编语言虽然是单片机最基本的语言，它对各个单元寄存器可以直接操作，使用灵活，但编程效率低，调试和修改困难。虽说比较简单的控制程序还能够用，但对于大的应用程序的开发效率简直难以忍受，因为汇编语言是非结构化语言，数不清的调用、跳转和下标将使程序难于阅读、改进和维护。更重要的是，从发展的角度，它不能在不同的单片机之间移植。总之，C 语言最重要的是移植性好，便于理解和维护，编程效率高；缺点是执行效率较汇编语言慢。

下图 5-1 是整个控制系统的软件模块框图：从图中可以看出，整个下位机系统的控制软件的编写都是模块化的，数据采集节点的软件所要完成的功能是根据上位机的要求完成数据的采集和发送。通讯节点的主要软件功能是通讯模块，完成上位机与下位机之间的相互通讯。而控制节点的软件显得较为复杂，其中的控制部分主要有四个子模块，分别是道路阻力模拟，测功机倒拖模块，扭矩传感器的标定模块和控制输出模块。其中的详细功能在后面将详细论述。

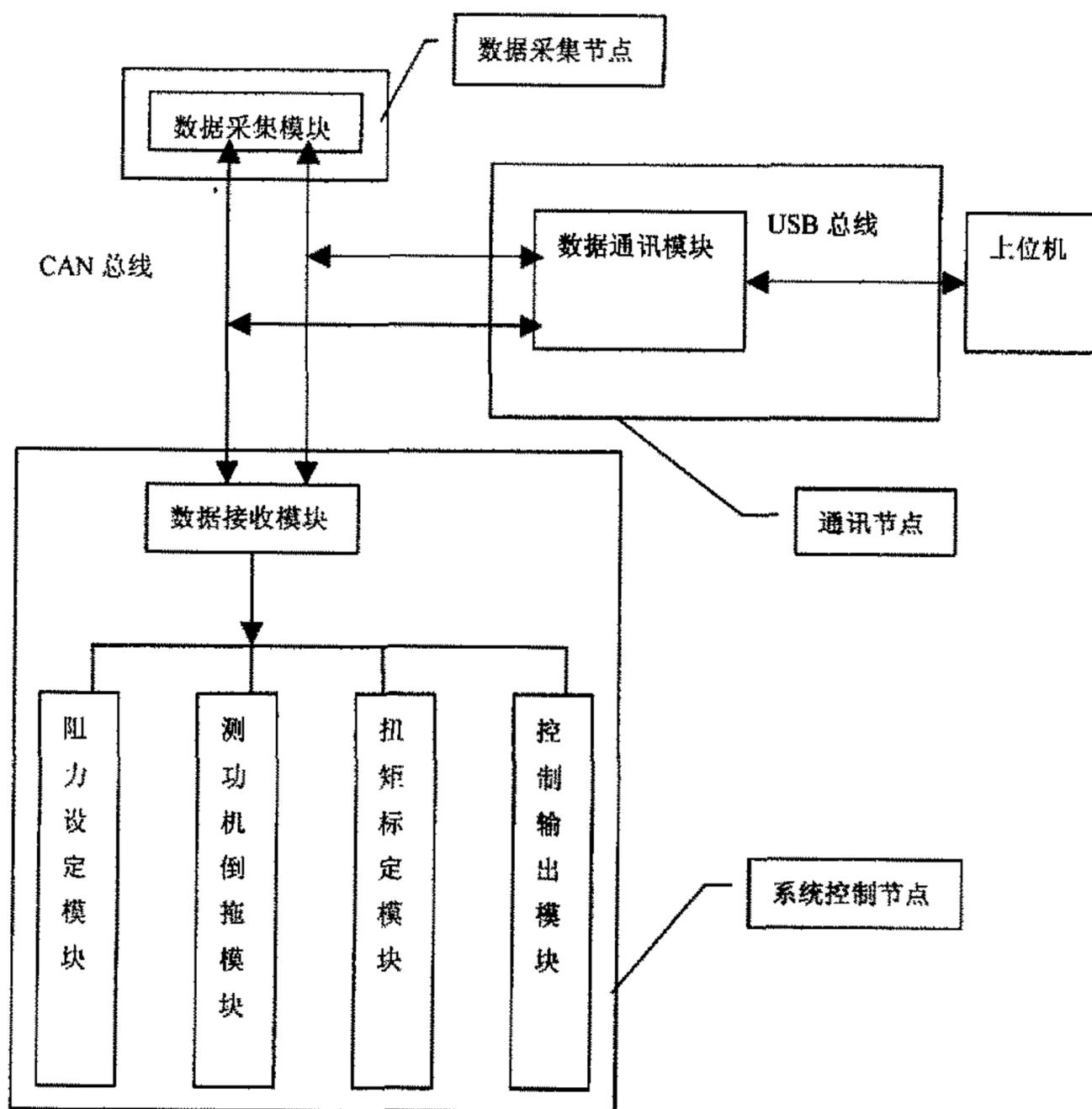


图 5-1 控制系统软件框图

5.1.1 CAN 通信

(1) SJA1000 工作于 Pelican 模式下的一些说明

本系统采用的 CAN 控制器 SJA1000，通过芯片上的逻辑电路的组合来满足 CAN2.0A 和 CAN2.0B 协议。使用中将 SJA1000 设置为工作在 Pelican 标准模式下，采用 11 位标识码，根据 CAN2.0B 规范控制 CAN 帧的发送和接收。CAN2.0 规范的目的是为了在任何两个基于 CAN-bus 的节点之间建立兼容性。CAN2.0 规范下用户可以直接建立基于 CAN2.0 规范的数据通信。

SJA1000 的功能配置和行为由主控制器的程序控制，主控制器和 SJA1000 之间的数据交换经过对一组寄存器（控制段）和一个 RAM（报文缓冲器）完成。RAM 部分的寄存器和地址窗口组成了发送和接收缓冲器。对于主控制器来说，对 SJA1000 的寄存器的操作与对片外扩展的 RAM 的操作一样。

CPU 通过对模式寄存器 (MOD)、时钟分频器 (CDR) 的设置选择不同的操作模式; 通过对验收码寄存器 (ACR)、验收屏蔽寄存器 (AMR)、总线定时器寄存器 (BTR0、BTR1)、输出控制寄存器 (OCR)、命令寄存器 (CMR)、状态寄存器 (SR)、中断寄存器 (IR)、中断使能寄存器 (IER) 和控制寄存器 (CR) 等寄存器的操作设定 CAN 通信要素; 通过对仲裁丢失捕捉寄存器 (ALC)、错误代码捕捉寄存器 (ECC) 等寄存器的读写, 实现复杂的错误检测和分析; 通过发送缓冲器 (TXBUF) 和接收缓冲器 (RXBUF) 实现接收和发送的缓冲。

在标准模式下, CAN 标准帧报文信息为 11 个字节。发送缓冲器的分配可参照表 5-1, 它分为描述符区和数据区。前三个字节为描述符区。字节 1 为帧信息字节, 第 7 位位帧格式, 0 表示标准帧; 第 6 位帧类型, RTR 为 0 表示是数据帧, 为 1 表示远程帧; DLC 表示在数据帧时, 实际的数据字节长。“X”表示可以忽略。字节 2 和 3 为报文识别码; 字节 4~8 为数据帧的实际数据。

表 5-1 发送 (接收) 缓冲器标准帧格式配置

位 CAN 地址	7	6	5	4	3	2	1	0
16 (字节 1)	FF	RTR	X	X	DLC (数据长度)			
17 (字节 2)	报文识别码 ID.28~ID.21							
18 (字节 3)	ID.20~ID.18			X	X	X	X	X
19 (字节 4)	数据 1							
20 (字节 5)	数据 2							
21 (字节 6)	数据 3							
22 (字节 7)	数据 4							
23 (字节 8)	数据 5							
24 (字节 9)	数据 6							
25 (字节 10)	数据 7							
26 (字节 11)	数据 8							

接收缓冲器 (RBX) 的布局和发送缓冲器很相似。接收缓冲器是 RXFIFO 的可访问部分, 位于 CAN 地址的 16~26, 每条报文分为描述符区和数据区。同样参照表 5-1。

在验收滤波器中只使用前两个数据字节来存放包括 RTR 位的完整的识别码。

该系统总共有三个节点，将数据采集节点定义为节点 0，将控制节点定义为节点 1，将通信节点定义为节点 3。根据三个节点之间的数据传输情况，现设计各个节点的 ACR、AMR、可接收的报文 ID 和发送出的报文 ID 如表 5-2 所示。

表 5-2 CAN 节点的滤波及 ID 设置

	CAN0 (收发)	CAN1 (只收)	CAN2 (收发)
AMR	FE 00 xx xx	FF 00 xx xx	FF FF xx xx
ACR	FE 00 xx xx	FF 01 xx xx	FF FF xx xx
接收 ID	FF 00 xx xx	FF 01 xx xx	FE 01 xx xx
发送 ID	FF 01 xx xx	不发送	FF 00 xx xx FF 01 xx xx

控制节点只接收来自另外两个节点的数据而不发送数据；而数据采集节点要接收来自通讯节点的握手协议同时要发送采集的数据到另外的两个节点；通讯节点需要接收数据采集节点的数据同时向两个节点发送控制命令。

(2) 利用 SJA1000 进行通信的软件设计

CAN 通信协议的实现，包括各种通信帧的组织 and 发送，都是由集成在 CAN 控制器 SJA1000 中的电路实现，因此系统的软件开发主要是在应用层的软件设计。SJA1000 应用层软件设计主要包括三大部分：CAN 初始化程序，报文发送和报文接收。系统上电后主控制器根据 SJA1000 的硬件连接对 SJA1000 进行初始化，根据选择的模式、验收滤波、位定时等设置 CAN 控制器的通信方式（这也在 SJA1000 硬件复位以后进行）。进入工作模式后，或者准备要发送的报文，激活 SJA1000 发送；或者对被 CAN 控制器接收的报文起作用。在通信期间同时要对通信错误进行处理。三个节点都有初始化过程和报文发送接收过程，因此下面统一说明一下。其总体流程图见图 5-2

1) 初始化

SJA1000 的初始化只能在复位模式下进行，初始化包括工作方式的设置、接收滤波方式的设置、接收屏蔽寄存器和接收代码寄存器的设置、波特率参数设置和中断允许寄存器的设置等。在完成初始化设置后，SJA1000 就可以回到工作状

态，进行正常的通信任务。

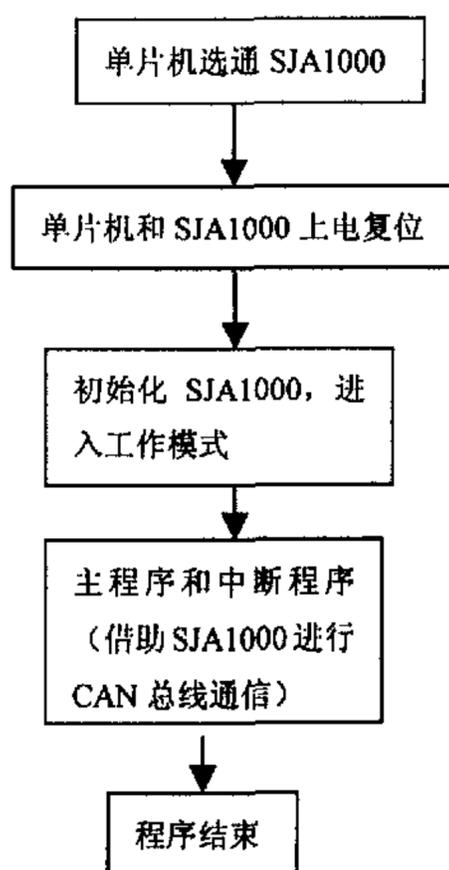


图 5-2 总体流程图

2) 发送过程

发送子程序负责节点报文的发送。发送时只需要将等待发送的数据按特定格式组合成一帧报文，送入 SJA1000 发送缓冲区，然后启动 SJA1000 发送即可。

3) 接收过程

SJA1000 报文的接收有两种方式：中断方式和查询方式。采用查询方式接收时，既要负责报文接收还要进行其他情况的处理。中断方式下，则经过中断的判断转入不同的处理程序，要接收报文就转入报文接收处理，否则转入其他中断处理程序。该系统中通信节点 CAN3 采用中断方式进行接收，其余两个节点采用查询方式接收数据。查询方式和中断方式下接收数据的编程思路基本相同。

5.1.2 数据采集节点的软件设计

数据采集节点的主要功能是将整个控制系统所需要的参数采集以后通过控制器发送到 CAN 总线上面。其主要采集的数据包括滚筒的转速、扭矩，同时也可根据系统扩展的需要增加其余的一些需要测量的参数，如油耗等。由于 CAN 总线是个局域网，因此如果接口允许的话，测量的污染排放物的参数也可以扩展到这个节点中来，这样上位机软件的编写就只需要针对通讯节点，可以减少软件

的开发周期。

数据采集节点软件流程图如 5-3 所示，数据采集节点每个循环对需要采集的数据采集 5 次，然后通过上一章介绍的数字滤波方法进行滤波。

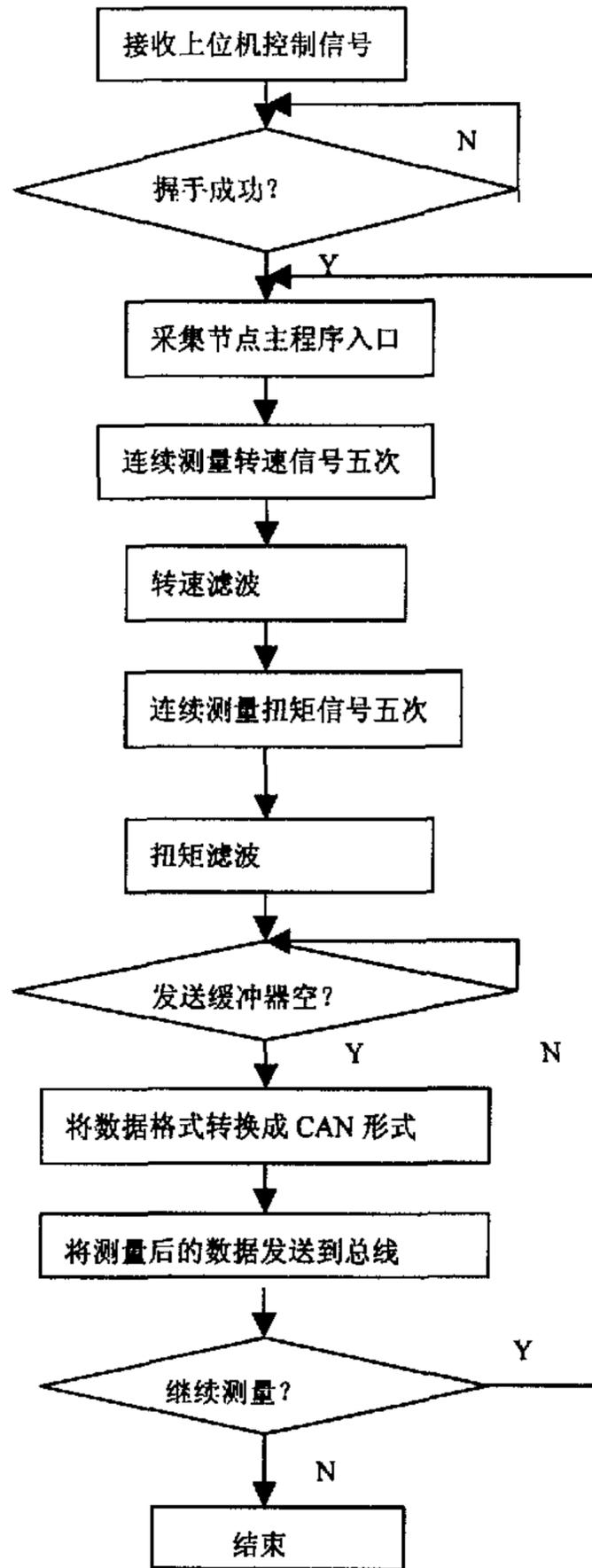


图 5-3 数据采集节点软件流程图

5.1.3 控制节点软件设计^{[5][6]}

控制节点是整个系统的核心，该节点软件的设计的好坏将直接影响到整个控制系统的品质。控制节点主要完成的任务是根据上位机的要求读取数据采集节

点的数 据，对数据进行判定和运算，然后通过 PID 调节器的运算进行电涡流底盘测功机的阻力设定，从而达到模拟路况的目的。其主要的控制过程是对十五工况法测摩托车污染物排放时进行道路模拟。

道路阻力设定模块主要是控制十五工况法测试摩托车排放污染物的时候的阻力模拟。倒拖试验模块的软件功能是根据上位机的指令进行底盘测功机的恒转速倒拖控制，然后处理数据采集节点采集的数据得到整个系统的总的摩擦阻力。扭矩传感器标定模块软件比较简单，主要是对扭矩传感器进行置零和标定。测功机倒拖试验模块的软件和道路模拟试验模块的软件比较类似，因此下面详细说明一下道路阻力模拟的控制原理图和软件的框图。

下图 5-4 是道路模拟控制系统原理图，它采用扭矩闭环控制，控制方式采用数字 PID 调节器，。扭矩调节器的输出作为 KC05 的移相输入电压，该电压的改变可以调节电涡流测功机。

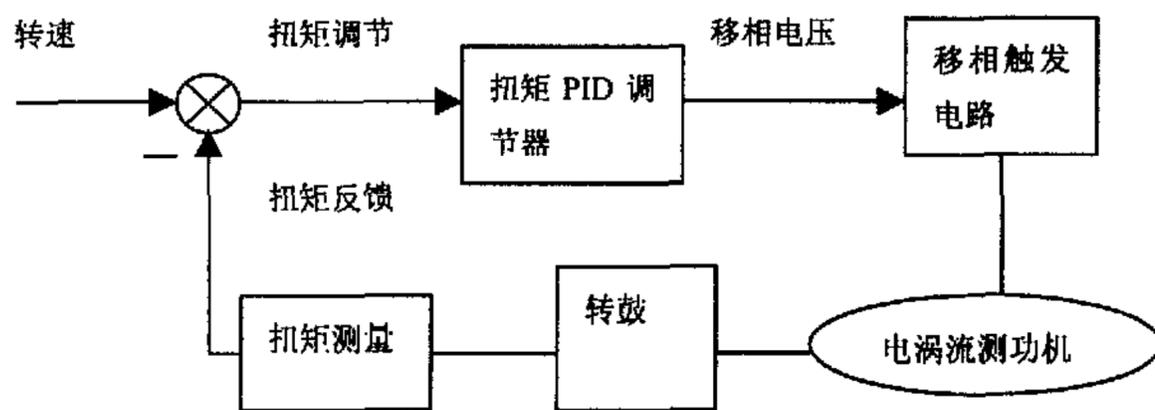


图 5-4 道路模拟控制原理图

1 道路阻力模拟软件框图^{[14][15]}

下图是道路阻力模拟的软件框图，控制节点接收到上位机的控制命令以后，对控制命令进行判定，选择需要执行的模块。开始读取数据采集节点的数据，对数据采集节点发送过来的数据进行判定，运算以后向电涡流测功机发出控制信号，对电涡流测功机进行调节。其中的扭矩调节用到了数字 PID 调节器，PID 控制算法是一种比较成熟的控制算法。

对于摩托车在底盘测功机上的恒速运行，电涡流测功机的控制模式将采用恒扭矩的控制方式。而对于摩托车在底盘测功机上的变速运行，电涡流测功机的控制将采用经验法，利用测功机的制动力与速度之间的曲线可以求得 $\Delta F / \Delta n$ ，

在进行工况法测试排放污染的时候，各个工况的运行时间国标中都有规定，加速度也是已知的，力的变化的快慢也是已知的。因此可以根据力随转速的变化快慢通过经验法向测功机加载电流。

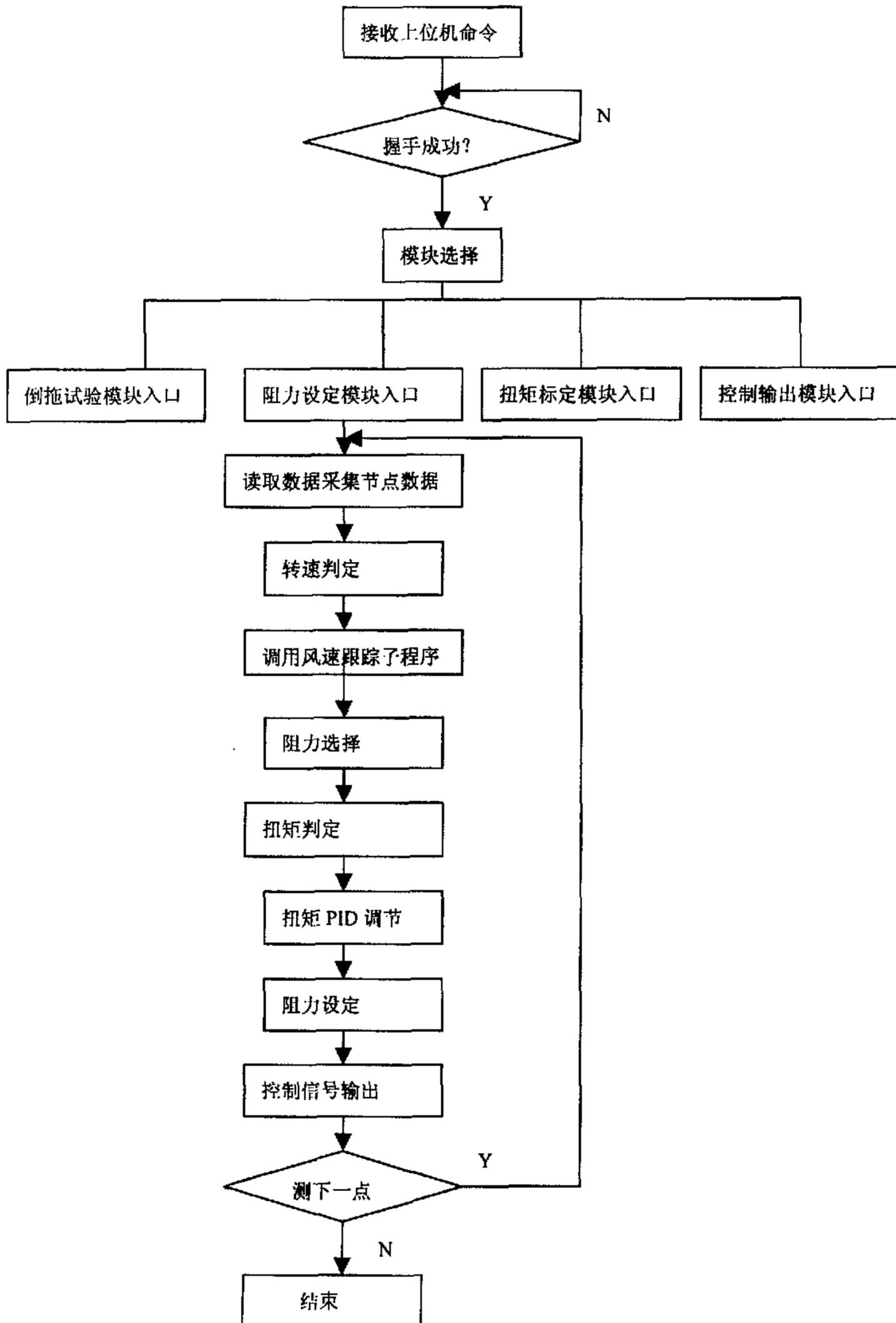


图 5-5 道路阻力模拟软件流程图

在阻力设定模块和倒拖试验模块中都要调用风速跟踪子程序,达到风速跟踪摩托车车速的目的。风速跟踪子程序是根据摩托车的车速经过运算以后通过 D/A 输出控制变频器从而达到改变风速的目的。

对于该控制系统而言,其中扭矩反馈过程有 PID 调节器, PID 调节器的设计对控制系统来说至关重要,下面简要的解释一下该底盘测功机的 PID 调节器的设计思想。

2 数字 PID 的原理简介^{[30][31]}

所谓 PID 就是比例 (Proportional—P)、积分 (Integral—I)、微分 (Differential—D),其作用就是将计算机所得偏差 e 分别进行比例、积分、微分以及它们之间组合的运算后构成控制量输出。

PID 调节器的控制规律为

$$u = \frac{1}{\delta} \left(e + \frac{1}{T_I} \int e dt + T_D \frac{de}{dt} \right) \quad (5-1)$$

或

$$u = K_p \left(e + \frac{1}{T_I} \int e dt + T_D \frac{de}{dt} \right) \quad (5-2)$$

式中: u 是指对其起始量 u_0 的增量, K_p 为比例系数, δ 称为比例度, T_I 是积分时间常数, T_D 为微分时间常数。

δ 很大意味着调节阀动作幅度很小,因此被调量变化较平缓,甚至无超调,但余差(静差)很大,调节时间长。减小 δ 则调节阀动作幅度加大,系统振荡性增强,但仍可能稳定,余差相应减小。

T_I 是积分时间常数,它表示积分速度的大小, T_I 越大,积分速度越慢,积分作用越弱。积分作用的特点是调节器的输出与偏差存在的时间有关,只要有偏差存在,输出就会随时间不断增长,直到偏差消除,调节器的输出才不再变化,因此,积分作用能消除静差,积分的缺点是降低了原有系统的稳定性,为保持控制系统原有的衰减率,应适当加大比例度。

微分调节作用总是力图减少超调抑制被控量的振荡,它有提高系统稳定性的

作用。

为了实现数字 PID，必须将其离散化，用数字形式的差分方程来代替连续系统的微分方程。可得到离散化的 PID 表达式：

$$\begin{aligned} u(k) &= k_p \left\{ e(k) + \frac{T}{T_i} \sum_{i=0}^k e(i) + \frac{T_D}{T} [e(k) - e(k-1)] \right\} \\ &= k_p e(k) + K_i \sum_{i=0}^k e(i) + K_D [e(k) - e(k-1)] \end{aligned} \quad (5-3)$$

式中： $K_i = K_p T / T_i$ 为积分系数

$K_D = K_p T_D / T$ 为微分系数

式 (5-3) 称为位置式 PID 算法，但是用式 (5-3) 直接进行控制式很不方便的，可用式 (5-3) 导出增量式 PID 算式：

$$\begin{aligned} \Delta u(k) &= u(k) - u(k-1) \quad (5-4) \\ &= K_p \left\{ [e(k) - e(k-1)] + \frac{T}{T_i} e(k) + \frac{T_D}{T} [e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)] \right\} \end{aligned}$$

或

$$\Delta u(k) = K_p [e(k) - e(k-1)] + K_i e(k) + K_D [e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)] \quad (5-5)$$

实际上，位置式和增量式控制对整个闭环控制系统并无本质的区别，只是将原来由计算机承担的算式，分出一部分由其它部件去完成。

增量式控制虽然需要附加积分环节，但它有如下优点：

(1) 计算机每次只输出控制增量，即对应执行机构位置的变化量，故误动作时影响小。

(2) 手动—自动切换时冲击小，其原因是由于增量式控制时，执行机构位置与步进电机转角一一对应，设定手动输出值比较方便。

(3) 增量算式中没有累加项，控制增量仅与最近几次的采样值有关，较容易手工加权处理获得比较好的控制效果。

通常为进一步减少计算时间也可将增量式算式写出如下形式：

$$\Delta u(k) = (K_p + K_i + K_D) e(k) - (K_p + 2K_D) e(k-1) + K_D e(k-2) \quad (5-6)$$

$$\text{令 } a_0 = K_p \left(1 + \frac{T}{T_I} + \frac{T_D}{T} \right), \quad a_1 = -K_p \left(1 + \frac{2T_D}{T} \right), \quad a_2 = K_p \frac{T_D}{T} \quad (5-7)$$

$$\text{则 } \Delta u(k) = a_0 e(k) + a_1 e(k-1) + a_2 e(k-2) \quad (5-8)$$

为了适应不同被控对象和系统的要求, 解决过程计算机控制中实际所遇到的一些问题, 改善系统品质, 可以在基本 PID 算法的基础上作一些改进。

3 PID 算法的改进^[36]

在 PID 控制中, 积分作用式消除静差, 为了提高控制性能, 对积分项采取积分分离 PID 算法。

采用基本 PID 算法的闭环计算机控制系统, 积分项虽然有利于改善静差, 但也降低了动态质量, 系统偏离给定值的幅度会长时间的较大。但系统受到较大扰动或给定值大幅度升降时为改善系统动态质量, 可利用计算机的逻辑判断功能, 采用积分分离 PID 算法。它的基本思路是: 当被控制量与设定值偏差较大时, 取消积分作用, 以免积分作用使系统稳定性降低, 超调量加大; 当被控制量接近给定值时, 才将积分作用投入, 以便消除静差, 提高控制精度。

具体做法时: 根据具体被控对象设定一个偏差门限值 e_0 , 当过程控制中的偏差的绝对值比 e_0 大时, 系统不引入积分控制, 也即只有 PD 控制, 当过程控制中的偏差的绝对值比 e_0 小时, 才引入积分控制, 即系统为 PID 控制。

算法公式可在积分项乘以一个逻辑系数 α , α 按下式取值:

$$\text{当 } |e(k)| \leq |e_0|, \quad \alpha = 1, \quad \text{当 } |e(k)| \geq |e_0|, \quad \alpha = 0.$$

位置式 PID 算式的积分分离形式为:

$$u(k) = K_p \left\{ e(k) + \alpha \times \frac{T}{T_I} \sum_{i=0}^k e(i) + \frac{T_D}{T} [e(k) - e(k-1)] \right\} \quad (5-9)$$

采用积分分离的 PID 算法可以大大改善系统的控制性能。值得注意的是, 在积分分离算法中, 为保证引入积分作用后系统的稳定性不变, 在输入积分作用时比例增益应作相应变化, 则可在编程时予以考虑。此外门限值应根据具体对象及要求而定, 过大, 则达不到积分分离的目的; 过小, 则一旦被控量无法跳出积分分离区, 只进行 PD 控制将会出现余差。

对于本系统扭矩闭环过程而言, 首先通过 PID 参数整定以后选取一组比较

合适的参数，然后设定扭矩偏差的门限值，当扭矩偏差的绝对值大于这个门限值的时候只采用 PD 控制，当偏差小于门限值的时候则引入积分控制。这样可以较好的达到精确控制的目的。

5.1.4 通讯节点的软件设计^[35]

该接口的功能是处理 CAN 总线与上微机之间的通讯。该接口包含了两个功能模块，第一个是 CAN 接口模块，处理其余 CAN 节点的通讯；第二个是 USB 接口模块，建立下位机与上微机的通讯。

1 CAN 接口模块^[37]

CAN 接口主要是接收来自网络中 CAN 节点的信息，并将信息储存到单片机的存储器中，等待 USB 模块的处理。同时将来自上微机的控制命令通过 CAN 接口发送到总线上面。该节点的报文的接收和发送采用的是中断方式。

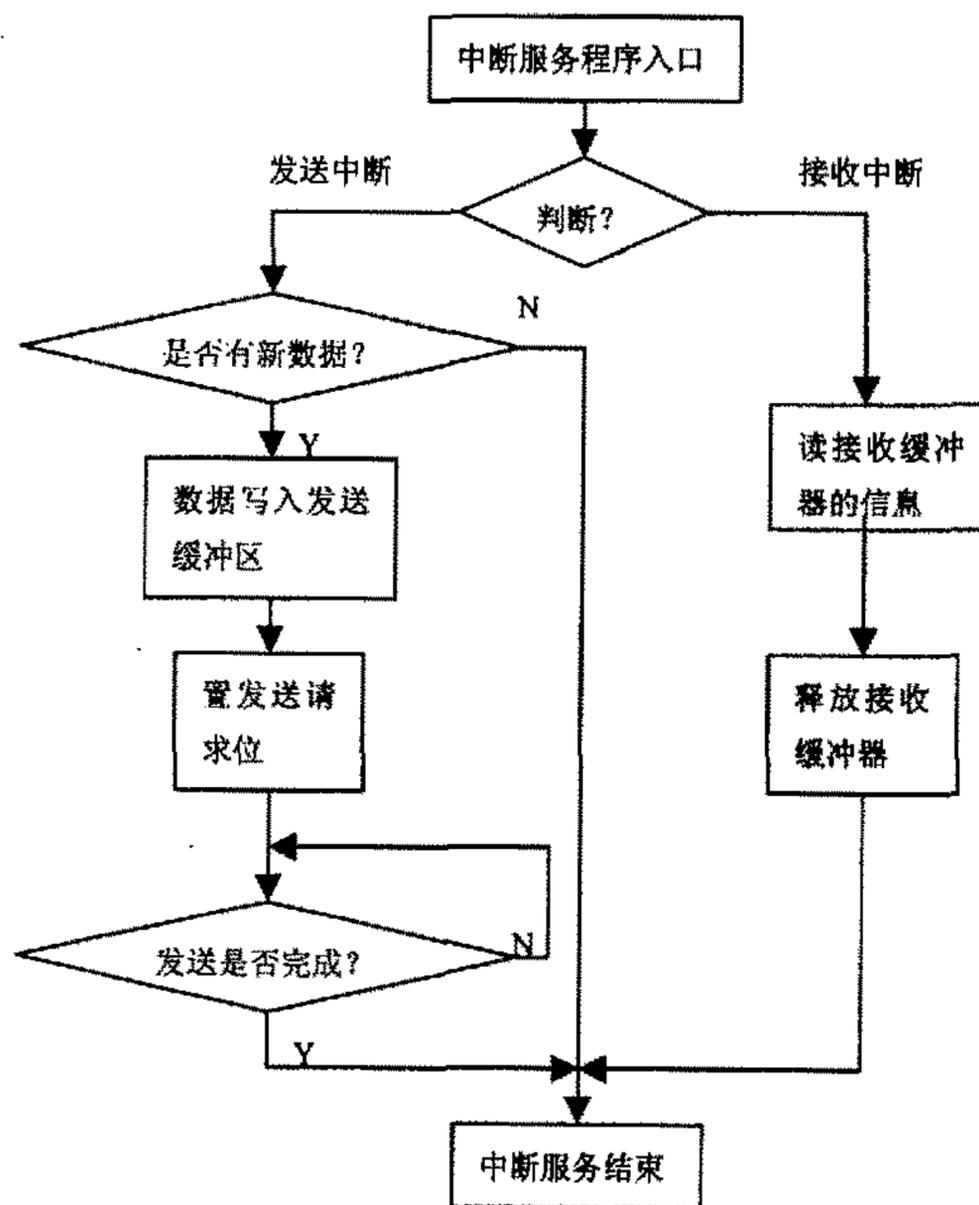


图 5-6 CAN 模块软件流程图

图 5-6 是 CAN 模块中断程序的软件流程图。SJA1000 工作在 PeliCAN 模

式，CPU 采用自己单独的晶振，工作中断方式，在对 SJA1000 的初始化期间禁止所有中断，初始化完成后开中断。

2 USB 通讯模块

USB 模块接收来自上微机的控制信息，然后将信息储存在 CPU 的存储器中，等待 CPU 的处理；将 CAN 总线发送过来的数据传输给上微机，如滚筒的转速，测功机的扭矩等数据。

PDIUSB12 完全符合 USB1.1 标准，可以实现图像设备、大容量存储设备、通信设备、打印设备、人机交互设备等多种类型的 USB 外设。另外，PDIUSB12 提供 SoftConnect（软连接）技术，GoodLink（通信状态显示）技术，可编程的时钟输出技术、低频晶振技术、集成的终端电阻技术都极大降低了系统成本，易于用户实现 USB 外设的基本功能。

(1) 工作模式

一片 PDIUSB12 可以实现一个 USB 外设接口，在这个接口中用户可以使用 3 个端点，端点 0 用于控制传输，其他两个端点可以配置 4 种传输方式的任何一种，如表 5-3 所示。

表 5-3 PDIUSB12 可配置的模式

模式 0 (非同步模式)	端点 0 为控制传输，端点 1 和端点 2 可用于块传输或中断传输
模式 1 (同步输出模式)	端点 0 为控制传输，端点 1 可用于块传输或中断传输，端点 2 可用于同步传输
模式 2 (同步输入模式)	端点 0 为控制传输，端点 1 可用于块传输或中断传输，端点 2 可用于同步输入
模式 3 (同步输入/输出模式)	端点 0 为控制传输，端点 1 可用于块传输或中断传输，端点 2 可用于同步输入或输出

(2) 命令集

PDIUSB12 的指令主要有初始化命令，数据流命令和通用命令三种，如表 5-4 所示。

表 5-4 PDIUSB12 的命令

初始化命令		
命令名	命令字	命令说明
设置地址/使能	D0h	设置 USB 外设的地址并使能该地址
设置端点允许	D8h	使能指定的端点
设置模式	F3h	设置芯片配置和时钟分频
设置 DMA	FBh	设置 DMA 配置寄存器
数据流命令		
读中断寄存器	F4h	读中断寄存器, 判断设备的状态和数据传输状态, 选择端点
选择端点	00h~05h	将内部指针指向指定的地址区, 从而读取状态
读最后一次传输状态	40h~45h	读最后一次进行端点数据传输的状态
写缓冲区	F0h	向指定的端点的数据缓冲区中写入数据
读缓冲区	F2h	将指定端点的数据缓冲区中的数据读出
设置端点状态	F1h	回应主机的设置命令
清除缓冲区	F2h	清除指定端点的数据缓冲区, 以便接收新的数据
确认缓冲区数据	Fah	确认指定端点的数据缓冲区中的数据有效, 并把发送给主机
通用命令		
发送 RESUME 信号	F6h	当设备处于挂起状态时向主机发送恢复信号
读当前的帧号	F5h	读最后一次成功接收道的数据帧的帧号

使用表 5-4 中的命令, 可以方便地实现 USB 外设的初始化以及对主机初始化请求、通用 USB 请求和传输请求的响应。

3 USB 外设的软件实现

USB 接口的软件设计主要包括与系统中 CAN 节点的数据传输以及与上位机的 USB 通信的固件编程。固件设计的目标就是使 PDIUSB12 在 USB 上达到最大的传输速率。PDIUSB12 的固件设计成完全的中断驱动。当 CPU 处理前台任

务时，USB 的传输可在后台进行。这样确保了最佳的传输速率和更好的软件结构，同时简化了编程和调试。

后台 ISR（中断服务程序）和前台主程序之间的数据交换通过时间标志和数据缓冲区来实现。PDIUSB12 的批量输出端点可使用循环的数据缓冲区。当 PDIUSB12 从 USB 接收到了一个数据包，那么就对 CPU 产生一个中断请求，CPU 立即响应中断。在 ISR 中，固件将数据包从 PDIUSB12 内部缓冲区移到循环数据缓冲区并随后清零 PDIUSB12 的内部缓冲区以使能接收新的数据包。固件程序的结构如图 5-7，图中的箭头表示数据传输方向。单片机的软件使用 C 语言编程，可以很好地实现程序的模块化，便于整个系统的维护和功能扩展。

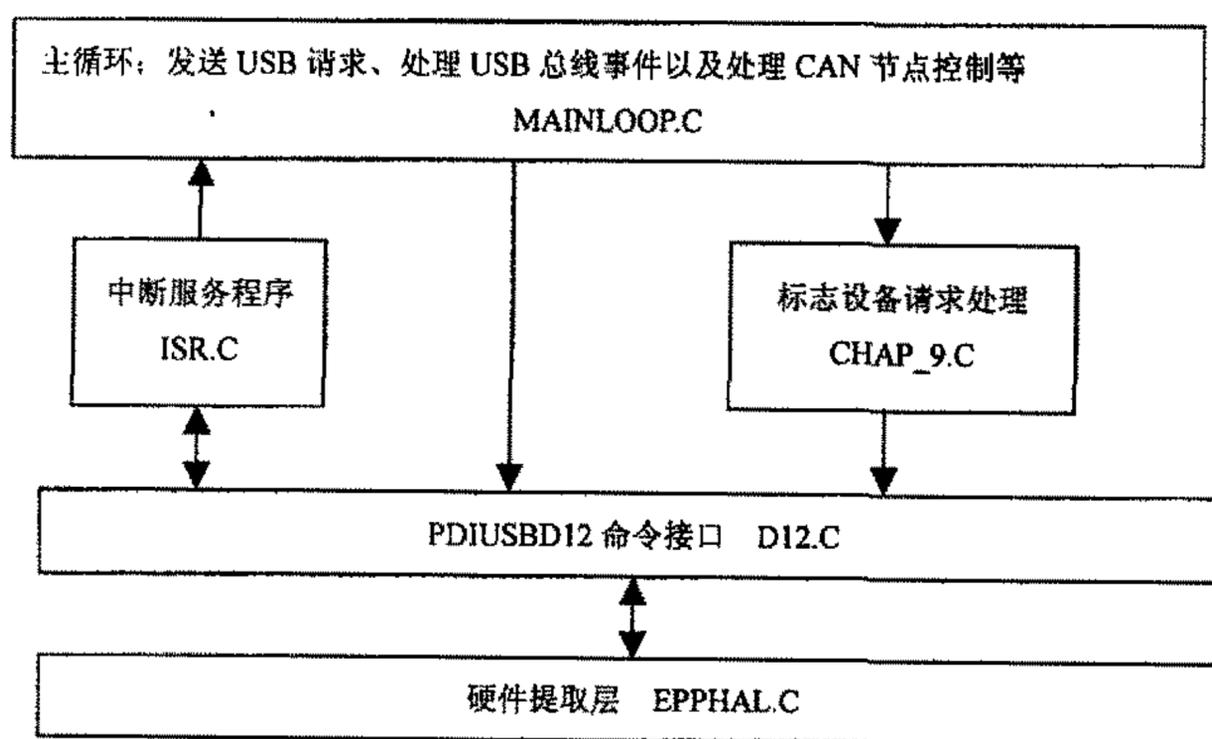


图 5-7 固件结构和数据流向

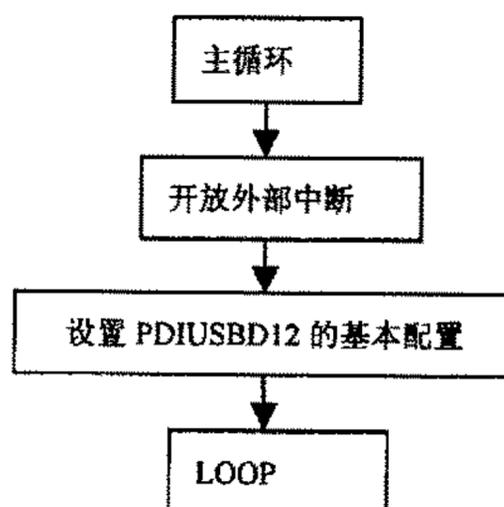
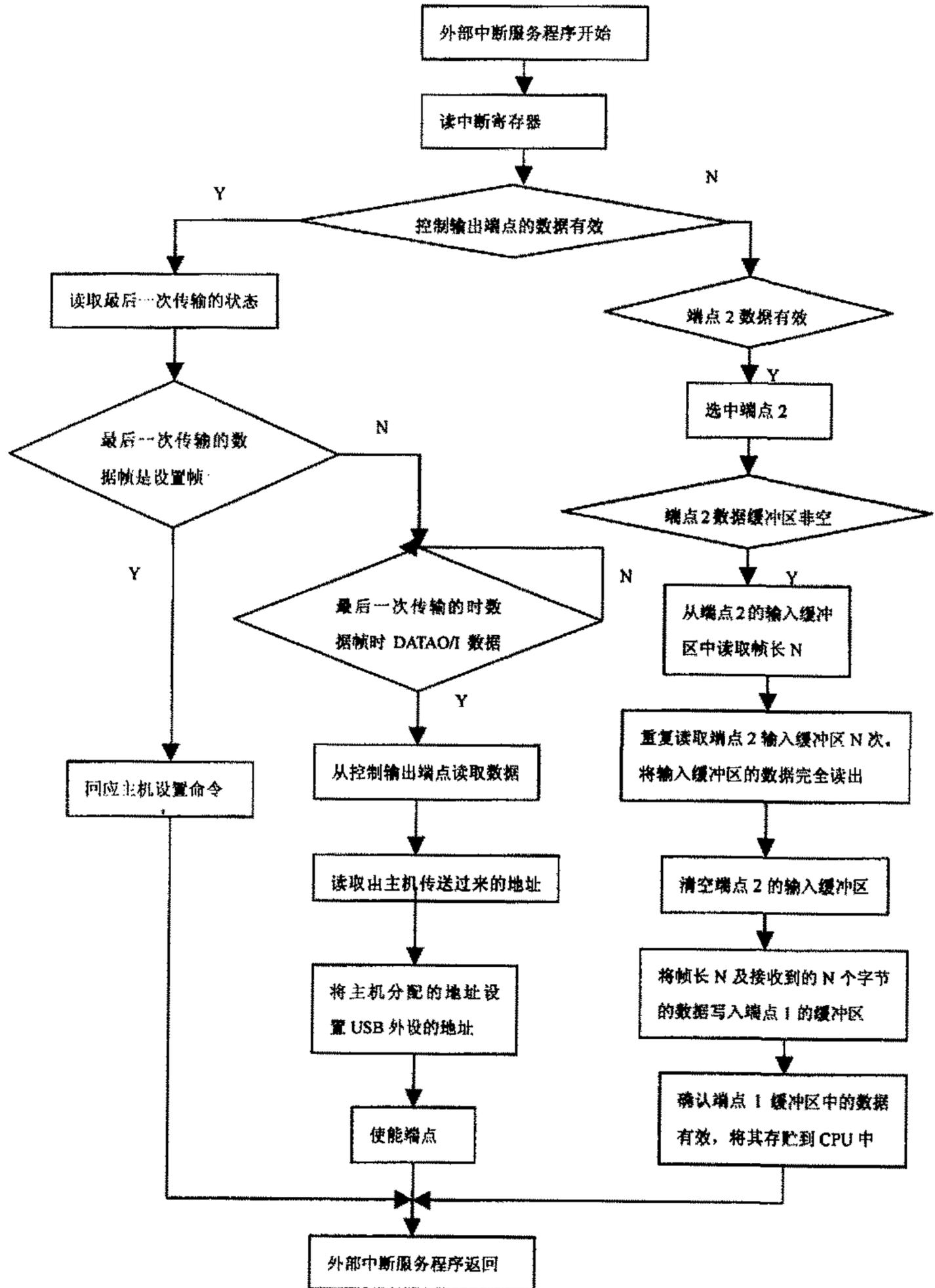


图 5-8 主循环流程图

主循环的流程图如图 5-8 所示，主要进行 PDIUSB12 的基本配置。

外部中断服务程序的程序流程图如图 5-9 所示，主要完成 USB 外设的初始化，将主机发送过来的数据通过 USB 总线存储道接口 CPU 中等功能。



5-9 外部中断服务程序流程图

数据传输采用块传输方式，端点 1 被配置为块传输（Bulk Out）传输方式，端点 2 被配置为块输入（Bulk In）传输方式。

由于块传输是在总线带宽可用时访问总线进行传输，不保证得到特定的带宽以及限定的延时，因此需要由错误检测及重发机制。PDIUSB12 的指令集中的通用命令为用户提供了相关指令来进行总线检测和数据重发。

§5.2 上微机软件的设计^{[12][13]}

摩托车底盘测功机控制系统是一个功能多，控制方式复杂，实时性要求很高的控制系统。根据技术要求，本软件必须完成下列功能：

- (1) 道路阻力参数设定
- (2) 测功机倒拖数据采集
- (3) 道路阻力模拟模式
- (4) 系统校准和标定
- (5) 测功机测试过程控制

1 软件的总体结构

本系统要对外界参数进行实时的测量，并在一定的时限内完成对这些参数的处理，同时对相应的转速、扭矩和励磁进行实时控制。整个过程是一个实时过程，要求系统能同时完成多个任务，因此整个程序的实现必须采用实时多任务方式。

多任务方式分为两类：一类是任务系统的每个任务是串行执行的，任务之间不会冲突，中是按一定顺序执行，称为串行多任务系统。另一类是各任务之间是并行的，任何之间都可以互相跳转，在不同的时刻、不同的状态，会完成不同的任务，成为并行多任务系统。

根据本系统的功能特点和技术要求，同时考虑到使用方便程度和易维护性。在软件设计中采样了较易实现的串行多任务系统，利用时间表间隙方式执行各程序。

本系统与下位机的通讯就是通过 USB 接口，从主机的角度来看，对下位机的管理和控制可以当做 PC 机的一个 USB 外设，因此主机必须提供 USB 设备的驱动程序。USB 外设的驱动程序采用 WDM 模型，由于本系统中的 USB 接口实现的是上位机与下位机之间的数据和控制命令的通信，没有使用到 PDIUSB12 的 DMA 功能，而 Philips 公司提供了 PDIUSB12 在各种操作系统下的驱动程序

(不含 DMA)，因此本系统直接使用了 Philips 公司的驱动程序，这样节省了开发的周期。

应用程序采用 Delphi 6.0 进行开发，对 USB 设备的读取使用 Windows API 函数，实现 USB 外设的底层操作，从而实现 PC 机跟于测试系统的数据通信功能。值得注意的是在接收数据的过程当中，PC 机的应用程序必须要有一个接收超时的操作。不然 PC 机在无限期地等待接收数据，而设备端因为接收错误或别的原因没有向 PC 机发送数据，这样很容易造成死机现象的出现。

下图是整个试验软件系统的模块图：

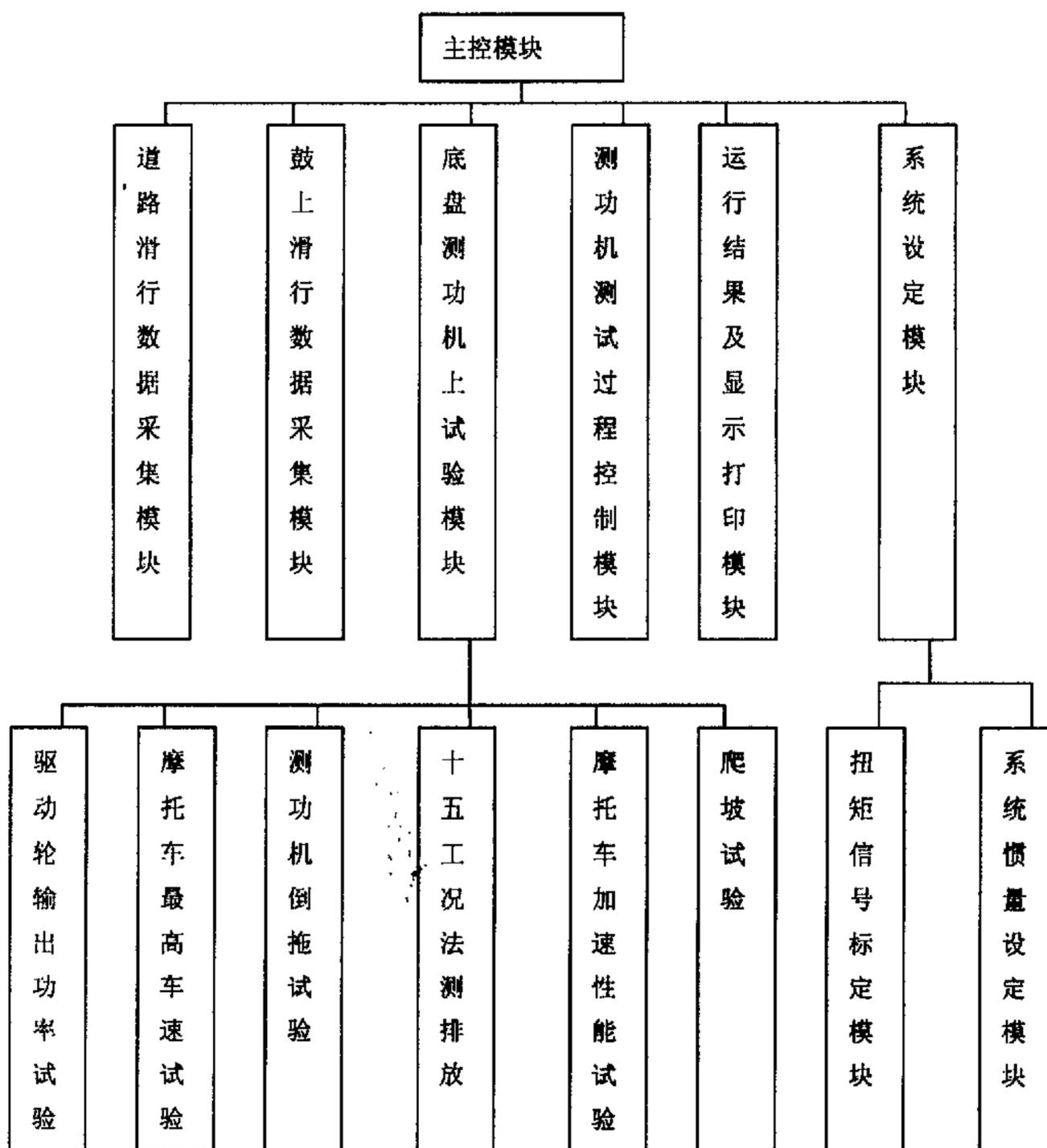


图 5-9 控制软件系统模块图

2 各项功能的设计

1) 道路滑行数据采集模块

该子程序是采集道路试验数据然后进行处理,得到底盘测功机上的道路阻力参数,从而为底盘测功机进行十五工况法测试摩托车排放污染物时提供道路阻力参数。

2) 测功机滑行数据采集模块

该子程序的功能是验证底盘测功机的试验精度,通过对比摩托车在道路上的滑行数据以及在底盘测功机的转鼓上滑行所得到的数据可以得出底盘测功机的测试精度。

3) 底盘测功机上试验模块

该子程序是整个上位机软件的主体,控制整个测试过程的运行,通过 USB 接口向下位机发送命令,该模块包括六个子模块,分别是测功机倒拖试验模块,十五工况法测排放,最高车速试验模块,驱动轮输出功率,加速性能试验,爬坡试验。

测功机倒拖试验模块主要是测试摩托车传动系阻力和底盘测功机的机械损失,对采集上来的数据进行处理和运算可以得到总的摩擦阻力。

十五工况法是该控制系统的主要功能,执行该子程序便可以在底盘测功机进行十五工况法测量摩托车排放污染物。

最高车速试验模块是为了测试摩托车道路行驶时可以达到最高车速。

驱动轮输出功率试验是测试摩托车在道路行驶时所输出的功率。

加速性能试验是为了检验摩托车的超越加速性能。

爬坡试验是检验摩托车的爬坡性能。

4) 系统设定模块

该模块含有两个子模块,其中有标定模块以及惯量设定模块。扭矩传感器的标定是保证测试精度的关键部分,通过向拉压传感器上加载标准的质量来进行标定。

系统惯量设定模块的功能是按照国标的要求,根据摩托车的类型选取合适的飞轮组,以达到变速运行时的惯量模拟。

5) 测功机测试过程控制模块

该子程序的功能主要是对测试过程进行控制,通过 USB 借口向下位机发出

控制命令，包括夹紧装置电磁阀和排气风扇的开启命令等，以达到系统协调控制的目的。

6) 运行结果及显示打印模块

该子程序的功能主要包括测试结果的输出显示，显示的数据主要有转速和扭矩。数据结果的存储才用了数据库，这样可以对结果进行更好的保存和管理。同时还设计的打印的功能。

第六章 试验结果与分析

在完成整个摩托车底盘测功机控制系统的总体设计、硬件设计、软件设计之后，进行了台架试验。试验的目的：在底盘测功机上进行试验，检验硬件系统的稳定性和合理性，测量结果的精确性，试验方案的可行性。作为一个测控仪器，精度是首要的指标，下面分析一下转速的测量。

§6.1 转速测量精度分析

1) 理论精度分析

本系统中对转速采用磁电式传感器进行测量，传感器输出的式脉冲信号。通常的测量方法是采用在一定时间内记录脉冲的个数。由于采用可编程定时器实现定时可以达到很高的测量精度，因此测量主要的误差来自于测量脉冲计数的 ± 1 个字的误差。显然，若对实时性要求不高，可以采用较长的时间对脉冲进行计数。但在本系统中，要对转速进行闭环控制，因此计数的时间不能超过一个采样周期，即 10ms，这样就会产生很大的误差。例如，当转速为 1000 转/分时，60 齿的磁电式传感器每 10ms 产生 10 个脉冲，这样 ± 1 个字的误差导致的相对误差为

$$\frac{1}{10} \times 100\% = 10\%$$

这样大的误差是无法接受的。

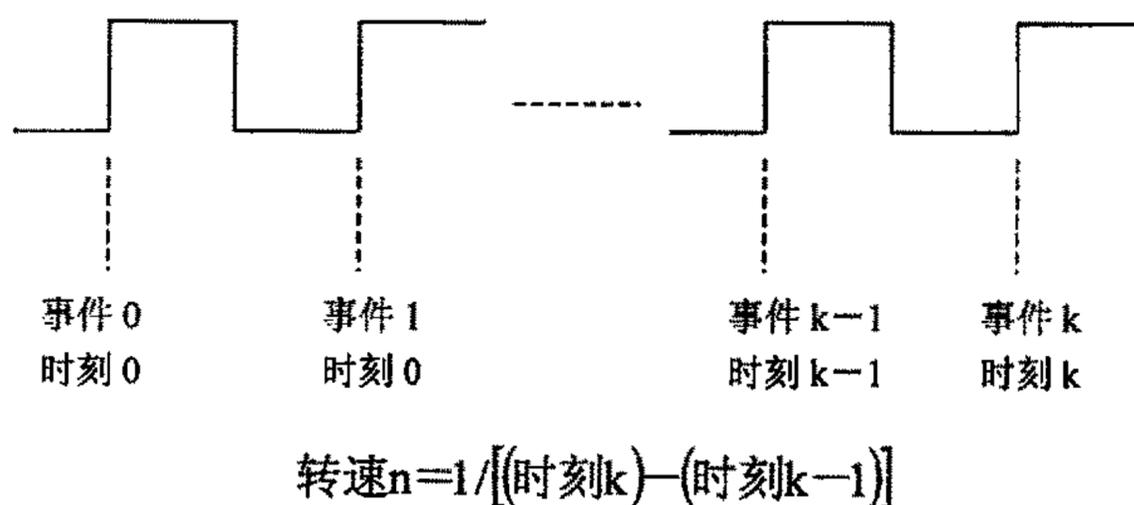


图 6-1 转速测量原理图

如图 6-1 所示，为避免上述问题，本系统中的测速方法采用记录单个脉冲波形的的方法，在 80C196KC 单片机系统中，通过高速输入口 HSI 进行相应的编

程。80C196KC 的高速输入口能记录下每一个脉冲上升沿（称为事件）发生的时刻。同时为了提高测量的精度，转速信号在输入高速输入口之前经过放大整形电路，在 80C196KC 中读取事件发生的时刻，并通过发生的时刻计算出发生这些事件需要的时间长度，然后可以计算出转速。

2) 实测结果

测试仪器：CA1640-02 型函数发生器/计数器

测试结果：

序号	系统读数 r/min	频率计读数 r/min	绝对误差 r/min
1	24	25	-1
2	48	48	0
3	112	113	1
4	278	280	-2
5	448	450	-2
6	660	661	-1
7	866	868	-2
8	1008	1010	-2
9	1150	1151	-1
10	1300	1298	-2
11	1420	1418	-2
12	1510	1508	-2
13	1600	1599	-1
14	1720	1718	-2

表 6-1 转速测试结果

测试结论：转速测量精度可达到 ± 2 r/min

由于底盘测功机的滚筒转速最高不会超过 1700 转，因此转速的测试精度完全可以满足要求

§6.2 恒转速控制回路测试结果

在对控制系统的 PID 控制参数进行整定以后，在底盘测功机上进行了恒转速控制回路的测试，其结果如下所示：

序号	设定值 r/分	系统读数 r/分	绝对误差 r/分
1	1320	1309—1332	-11——+12
2	1250	1245—1262	-5——+12
3	1160	1149—1171	-11——+11
4	1080	1070—1092	-10——+12
5	1000	992—1009	-8——+9
6	950	941—959	-9——+9
7	880	875—890	-5——+10
8	820	809—832	-11——+12
9	770	766—782	-4——+12
10	700	695—712	-5——+12
11	600	590—610	-10——+10
12	500	489—511	-11——+11

表 6-2 测功机恒转速控制回路精度

从表中可以看出恒转速的控制精度能够达到 $\pm 12r/\text{min}$ ，这个精度还不够理想，如果对控制策略再进行一些优化，控制精度应该还可以得到一定的提高。

第七章 结论

本课题的主要任务是设计一个基于 CAN 总线的摩托车底盘测功机的控制系统，用于十五工况法测量摩托车污染物排放。其重心是道路阻力的模拟。本系统到目前为止，作者已经完成了其中的大部分的工作，主要的硬件电路的设计以及软件的编写，整个系统的调试，同时对系统作了测试和试验研究，从结果上来看，系统取得了比较好的效果。下面做一些总结：

(1) 本系统目前略显粗糙，可以预计，还会有许多有待于改进的地方。首先本系统有待于现场进行考核后，才能最终证明是否成功。其次，在控制策略上还有待于一定的改进，希望可以进一步提高控制的精度。同时随着技术的发展，必然会对摩托车的试验提出更高的要求，也必然会对测试仪器提出越来越高的要求。作者认为，在控制策略上面，可以考虑在闭环控制的时候加入模糊控制的理论，以进一步提高控制系统的控制精度和稳定性。同时从自动控制的角度以及控制的精度上来说，可以将惯性模拟装置飞轮组也采用电模拟，这样可以使整个控制系统的精度提高。

(2) 作者提出了基于 CAN 总线的控制系统，将目前在汽车领域应用广泛的 CAN 总线应用到摩托车领域，并且取得了较好的效果，不失为一种很好的尝试。同时采用 USB 接口进行上下位机之间的通信，提高了控制系统的实时性，也缩短了系统的开发周期，取代了传统的串口通信。这也是本文的创新点。

(3) 虽然该测功机是针对十五工况法测量摩托车排放污染物而设计的。但它同时也可测试摩托车驱动轮的驱动力、功率、最高车速、速度特性等。如果配备油耗仪也能测试摩托车的然后消耗曲线，功能较为齐全，但需要对软件进行相应的扩充。

参考文献

1. Carl M. Paulina and John F. Schwarz. Performance Evaluation of Electric Dynamometers. SAE940485
2. Yorikatsu Suzuki etc. High Accuracy High Response 48 Inch Roll Chassis Dynamometer. SAE 940487
3. Severino D'Angelo etc. High-Performance 48 Inch Chassis Dynamometer for Small-Pit Installation. SAE 950515
4. 宫建军 摩托车道路行驶阻力的测试与设定 摩托车技术 2002, 7
5. 陈东雷 高世伦 余江胜 底盘测功机控制系统的开发 汽车工程 1998, 2
6. 姚锡凡 周锋 汽车行驶阻力的数学模型及电模拟 汽车工艺与材料 1998, 10
7. 张学利 何勇 田国华等 汽车底盘测功机
8. 陈文润 王培玲 严峻等 摩托车底盘测功机动力学原理 机械设计 2001, 2
9. 张明盛 修宗功 朱双波 摩托车底盘测功机及排放分析系统的配置 摩托车技术 2000, 8
10. 涂泽玉 过学迅 底盘测功机行驶阻力模拟原理及设置方法的分析 汽车科技 1997, 3
11. 邓楚南 何力生 周锋 姚锡凡 汽车底盘测功机加速性能试验的原理与方法 武汉汽车工业大学学报 1997, 10
12. 鲁统利 张为春 刘贵森 大型车辆底盘测功机测试软件系统的开发研究 农业工程学报 2000, 5
13. 左铭旺 姚丹亚 周申生 夏先杨 多功能汽车底盘测功机 工业仪表与自动化装置 2001, 6
14. 李会方 许斌 基于电涡流测功机的 FCK-1 型发动机综合测控系统 机电一体化 2001, 3
15. 张亮 程昌银 余志刚 汽车底盘测功机微机控制装置的研制 武汉工业大学学报 1996, 6
16. 欧德翔 汪至中 基于 CAN 总线分布式控制系统智能节点的设计 自动化与仪表 2002, 5

17. 刘正权 许维胜 岳继光 关于 CAN 控制器 SJA1000 新特性的一些应用 电子技术
2000, 11
18. 黎莉 张晓冬 贾晓合 用独立总线控制器 SJA1000 设计 CAN 网络节点 仪表技术 2002,
5
19. 饶家明 田作华 CAN 总线智能节点的设计和实现 工业仪表与自动化装置 2002, 5
20. 刘慧 宋磊 基于 CAN 总线的客车后置发动机数据采集显示系统 车轮与动力技术
2002, 1
21. 张重雄 王波 CAN 通信网络在汽车综合性能检测中的应用 微机处理 2002, 5
22. 高松 应启嘎 魏民祥 CAN 总线及其在计算机控制系统中的应用 上海理工大学学报
2002, 3
23. 王朔 李刚 USB 接口器件 PDIUSB12 的接口应用设计 单片机与嵌入式系统应用
24. 尹罗生 吉吟东 孙亚新 朱善君 一种 USB 外设的实现方法 计算机工程 2002, 7
25. 周龙保主编 内燃机学 北京 机械工业出版社 1999
26. 孙涵芳主编 Intel 16 位单片机 北京 北京航空航天大学出版社 2001
27. 何立民主编 MCS-51 系列单片机应用系统设计系统配置与接口技术 北京 北京航空
航天大学出版社 1990
28. 郭宽明主编 CAN 总线原理和应用系统设计 北京 北京航空航天大学出版社 1996
29. 程军编著 Intel 80C196 单片机应用实践与 C 语言开发 北京 北京航空航天大学出版
社 2002
30. 高金源等编著 计算机控制系统—理论、设计与实现 北京 北京航空航天大学出版社
2002
31. 谢新民 丁锋编著 自适应控制系统 北京 清华大学出版社 2002
32. 罗次中主编 动力机械测试技术 上海 上海交通大学出版社 2001
33. 周航慈著 单片机应用程序设计技术 北京 北京航空航天大学出版社 1991
34. 严兆大主编 内燃机测试技术 杭州 浙江大学出版社 1993
35. 王建群 赵洪武 CanBus 在网络化发动机数控试验系统中的应用 内燃机工程 2002,
4
36. 顾永如 发动机—测功机双回路测控系统的研究与设计 浙江大学硕士学位论文
1995, 1
37. 郑建彬 通信逆变电源及监控网络接口设计 电工技术杂志 2002, 10

38. 何凤江 王建强 苏建 潘洪达 汽车底盘测功机反拖测试系统及飞轮组装置 汽车技术 2001, 12
39. 任有 许洪国 李显生等 汽车底盘测功机惯性系统开发研究 公路交通科技 2002, 6
40. 张明盛 朱双波 宁康 摩托车底盘测功机阻力的设定 摩托车技术 1995, 5
41. 郁增德 谢军 王传鼎 底盘测功机模拟道路滑行法 汽车技术 1991, 6

致谢

在我两年半的研究生学习期间,自始至终得到我的导师吴锋及杨志家老师的悉心指导和无微不至的关怀。吴老师严谨的治学精神和对学生的无私关怀给了我极大的鼓励和帮助。吴老师随和的待人处世态度,无私的敬业精神给我留下了深刻的印象,也使我受益匪浅。在此谨表示我最衷心的感谢。

在本课题进行中,得到了张锋、孙俊、马成杰、邹博文等同学及实验室朱建新工程师的帮助,在此一并向他们表示感谢。

桂旭阳

2003年2月于求是园

基于CAN总线的摩托车底盘测功机的设计

作者：[桂旭阳](#)
学位授予单位：[浙江大学](#)



参考文献(42条)

- 参考文献
- Carl M Paulina, John F Schwarz Performance Evaluation of Electric Dynamometers. [SAE940485]
- Yorikatsu Suzuki High Accuracy High Response 48 Inch Roll Chassis Dynamometer. [SAE 940487]
- Severino D'Angelo High-Performance 48 Inch Chassis Dynamometer for Small-Pit Installation[SAE 950515]
- 宫建军 摩托车道路行驶阻力的测试与设定[期刊论文]-[摩托车技术](#) 2002(7)
- 陈东雷,高世伦,余江胜 底盘测功机控制系统的开发 1998(02)
- 姚锡凡,周锋 汽车行驶阻力的数学模型及电模拟 1998(10)
- 张学利,何勇,田国华 汽车底盘测功机
- 陈文润,王培玲,严峻,郑健明 摩托车底盘测功机动力学原理[期刊论文]-[机械设计](#) 2001(2)
- 张明盛,修宗功,朱双波 摩托车底盘测功机及排放分析系统的配置 2000(08)
- 涂泽玉 底盘测功机行驶阻力模拟原理及设置方法的分析[期刊论文]-[汽车科技](#) 1997(3)
- 邓楚南,何力生,周锋,姚锡凡 汽车底盘测功机加速性能试验的原理与方法 1997(10)
- 鲁统利,张为春,刘贵森 大型车辆底盘测功机测试软件系统的开发研究[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2000(3)
- 左铭旺,姚丹亚,周中生,夏先扬 多功能汽车底盘测功机[期刊论文]-[工业仪表与自动化装置](#) 2001(6)
- 李会方,许斌 基于电涡流测功机的FCR-1型发动机综合测控系统[期刊论文]-[机电一体化](#) 2001(3)
- 张亮,程昌银,余志刚 汽车底盘测功微机控制装置的研制[期刊论文]-[武汉工业大学学报](#) 1996(2)
- 欧德翔,汪至中 基于CAN总线分布式控制系统智能节点的设计[期刊论文]-[自动化与仪表](#) 2002(5)
- 刘正权,许维胜,岳继光 关于CAN控制器SJA1000新特性的一些应用[期刊论文]-[电子技术](#) 2000(11)
- 黎莉,张晓冬,贾晓合 用独立总线控制器SJA1000设计CAN网络节点[期刊论文]-[仪表技术](#) 2002(5)
- 饶家明,田作华 CAN总线智能节点的设计和实现[期刊论文]-[工业仪表与自动化装置](#) 2002(5)
- 刘慧,宋磊 基于CAN总线的客车后置发动机数据采集显示系统[期刊论文]-[车辆与动力技术](#) 2002(1)
- 张重雄,王波 CAN通信网络在汽车综合性检测中的应用 2002(05)
- 高松,应启夏,魏民祥 CAN总线及其在汽车计算机控制系统中的应用[期刊论文]-[上海理工大学学报](#) 2002(3)
- 王翔,李刚 USB接口器件PDIUSB12的接口应用设计[期刊论文]-[单片机与嵌入式系统应用](#) 2002(1)
- 尹罗生,吉吟东,孙新亚,朱善君 一种USB外设的实现方法[期刊论文]-[计算机工程](#) 2002(7)
- 周龙保 [内燃机学](#) 1999
- 孙涵芳 [Intel 16位单片机](#) 2001
- 何立民 [MCS-51系列单片机应用系统设计](#) 系统配置与接口技术 1990
- 邹宽明 [CAN总线原理和应用系统设计](#) 1996
- 程军 [Intel 80C,196单片机应用实践与C语言开发](#) 2002
- 高金源 [计算机控制系统—理论、设计与实现](#) 2002
- 谢新民,丁锋 [自适应控制系统](#) 2002
- 罗次申 [动力机械测试技术](#) 2001
- 周航慈 [单片机应用程序设计技术](#) 1991
- 严兆大 [内燃机测试技术](#) 1993
- 王建群,赵洪武 CanBus在网络化发动机数控试验系统中的应用[期刊论文]-[内燃机工程](#) 2002(4)
- 顾永如 [发动机—测功机双回路测控系统的设计](#) 1995
- 郑建彬 [通信逆变电源及监控网络接口设计](#)[期刊论文]-[电工技术杂志](#) 2002(10)
- 何凤江,王建强,苏建,潘洪达 汽车底盘测功机反拖测试系统及飞轮组装置[期刊论文]-[汽车技术](#) 2001(12)
- 任有,许洪国,李显生,张小芸,张永录 汽车底盘测功机惯性系统开发研究[期刊论文]-[公路交通科技](#) 2002(3)
- 张明盛 [摩托车底盘测功机阻力的设定](#)[期刊论文]-[摩托车技术](#) 1999(5)
- 郁增德,谢军,王传鼎 [底盘测功机模拟道路滑法](#) 1991(06)

相似文献(10条)

- 期刊论文 陶俊卫,张坤良,任立环,庞晓伟,李建兴,彭秀英,Tao Junwei,Zhang Kunliang,Ren Lihuan,Pang Xiaowei,Li Jianxing,Peng Xiuying MCGS组态软件在摩托车底盘测功机系统中的应用 -[小型内燃机与摩托车](#)2006,35(3)
本文阐述了摩托车底盘测功机的工作原理,介绍了MCGS工业组态软件的特点及其在底盘测功机测试系统中的应用,着重地对MCGS在底盘测功机测试系统中的通讯、数据处理、行驶阻力曲线以及测试摩托车排放的工况曲线等做了详细叙述。
- 期刊论文 李盘靖,李民,王炜,秦现生 [摩托车交流电底盘测功机测控软件系统的开发](#) -[测控技术](#)2004,23(z1)
摩托车底盘测功机是在室内完成整车性能试验、工况排放试验等专项试验所必需的大型检测设备,笔者依据有关国家标准,为一种新型摩托车交流电底盘测功机研究开发了一套测控软件系统,该软件系统能实现试验数据的采集、管理测试项目、监控测试过程,为有效利用底盘测功机奠定了基础,保证了各种性能试验快速、可靠、方便地进行。
- 会议论文 杨飞 [DPC-V型多功能摩托车底盘测功机](#) 2008
本文介绍了DPC-V型多功能摩托车底盘测功机,提出了模块化设计思想,形成一款功能齐全、配置灵活、结构紧凑、调试简单、使用方便的高性能摩托车底盘测功机套件产品,最后对底盘测功机的发展前景作了分析。
- 学位论文 孔国初 [基于CAN总线的电模拟摩托车底盘测功机的研究](#) 2005
在摩托车的开发研究过程中,对摩托车的各种性能试验是一项必不可少的重要工作。摩托车底盘测功机是摩托车整车室内试验中最常用的大型关键设备之一,它用途广泛,能进行摩托车动力性、经济性、排放分析及可靠性等多方面、多领域的试验研究。目前,国内外众多有实力的摩托车制造公司及科研检测机构都已配备了一定功能的底盘测功机,随着我国摩托车生产企业准入制度的实施,底盘测功机已成为各摩托车企业必须配备的关键设备之一。根据底盘测功机具有惯性载荷模拟装置,机械式的飞轮机构或电气方式,即与道路载荷相同的模拟方式(电涡流机吸能装置等),模拟各种车辆的惯性载荷(包括平移质量和转动部件产生的惯性阻力),分析如何正确进行加载,以保证底盘测功机能够准确模拟被检车辆的行驶状态,确保测试的准确性。为此,在正确分析摩托车在道路上行驶时所受到的阻力(空气阻力与车轮滚动阻力、传动系摩擦阻力之和)与车速的模型后,就涡流制动器在摩托车底盘测功机上电模拟再现摩托车的行驶阻力进行了初步研究,提出了利用电涡流制动器作为摩托车底盘测功机电模拟加载的方法,设计了一种新的制动强度可以无级调节的电涡流制动器,进行了其工作原理、软件及硬件的设计,并且通过试验验证了其制动力矩的调节能力及限流功能,同时还得到了制动器轴端电流与其提供的制动力矩之间的关系,该关系为进行摩托车底盘测功机电模拟加载提供了试验依据。设计了一种高性能脉宽调制(PWM)直流伺服系统,该系统在电涡流制动器工作时为底盘测功机提供制动力,以确保正确加载,模拟道路工况,设计了基于CAN总线的摩托车底盘测功机的数据采集与控制系统。
- 会议论文 李盘靖,李民,王炜,秦现生 [摩托车交流电底盘测功机测控软件系统的开发](#) 2004
摩托车底盘测功机是在室内完成整车性能试验、工况排放试验等专项试验所必需的大型检测设备,笔者依据有关国家标准,为一种新型摩托车交流电底盘测功机研究开发了一套测控软件系统,该软件系统能实现试验数据的采集、管理测试项目、监控测试过程,为有效利用底盘测功机奠定了基础,保证了各种性能试验快速、可靠、方便地进行。
- 期刊论文 王培玲,李萍,WANG Pei-ling,Li Ping [DPC-1型摩托车底盘测功机的研制](#) -[机械设计](#)2007,24(5)
详细介绍了DPC-1型摩托车底盘测功机的系统构成,主要技术参数和惯量模拟以及阻力设定和风速跟踪等关键技术,给出了一辆摩托车在3种不同摩托车底盘测功机上进行对比试验的结果,证明其设计水平和测量精度不低于国外同类产品水平。
- 会议论文 彭镇,甘永梅,冯雷,王兆安 [PowerFlex系列变频器在摩托车交流电底盘测功机中的应用](#) 2006
本文主要介绍了在摩托车交流电底盘测功机控制系统中应用PowerFlex700变频器完成对测功机的高精度转矩和转速控制,通过PowerFlex700变频器所配的DeviceNet网络适配器使得变频器、PLC、I/O、工控机等构成了全数字化的、基于现场总线技术的摩托车交流电底盘测功机控制系统,系统精度满足设计要求,抗干扰能力强。
- 学位论文 吴正东 [基于LabVIEW的摩托车底盘测功机测控系统的研发](#) 2007
能源和环境问题已经成为世界备受关注的课题。随着机动车辆数量的日益增加和摩托车市场准入制度的推行,摩托车的节能和排放成为汽车摩托车产品性能重要指标之一,摩托车整车性能检测也就成为车辆投放到市场之前的检验关卡。底盘测功机是一种不解体检验摩托车性能的检测设备,采用现代电测和计算机技术,仿真模拟各种路面行驶阻力,使摩托车整车的道路试验项目以及应用工况法测量摩托车排气污染物排放量等试验都能移至室内进行,减少室外环境变化对测试的影响,能很好的改善试验人员的试验环境和提高测试精度。
本文借鉴和吸收了以往先进的研究成果,建立了底盘测功机动力学模型,分析底盘测功机路面阻力模拟加载原理,设计基于模糊控制PID的阻力加载智能控制系统,将模糊控制和常规PID调节有机的结合起来,通过模糊控制来改善控制系统的快速性和降低超调量,通过常规PID控制来降低控制系统的稳态误差。
软件的设计结合了性价比高、实用性强的间隔采样采集方式和最小二乘法等数据处理算法,采用ADO接口实现对SQL SERVER数据库的访问,方便对数据库的管理、调用和查看;同时,根据摩托车整车性能检测标准要求,设计摩托车整车性能检测试验子模块,建立底盘测功机性能检测试验平台。
基于LabVIEW的摩托车底盘测功机界面美观,对话性强,操作方便,能很好的对系统进行实时监控以及各性能参数的显示,同时将检测数据自动修正到标准状况下,并能以标准格式自动存盘及打印输出检测数据和性能拟合曲线。试验结果表明,测控系统能很好的满足摩托车整车性能测试要求,精度优于国家标准的要求。
本课题的设计目前是针对摩托车整车性能测试的一套测控系统,预留了网络数据库接口,方便后续的网络测控平台建立。在进一步完善的基础上,可将此系统广泛地应用在汽车、摩托车和传动测试行业,对测功机的自动监测具有重要的意义。
- 期刊论文 赛大鹏,甘永梅,韩力,王兆安,Dou Dapeng,Gan Yongmei,Han Li,Wang Zhaoran [基于DeviceNet的摩托车交流电底盘测功机电控系统的实现](#) -[小型内燃机与摩托车](#)2005,34(6)
根据摩托车交流电底盘测功机的功能要求和特点,提出了以DeviceNet作为主体的网络平台构架成的用于摩托车测试的现场总线控制系统,给出了电控系统的总体设计方案;具体论述了电控系统的硬件构成及PLC、变频器、上下位工控机等部分的功能;详细阐述了控制系统中的PLC、上下位工控机软件的设计与实现;最后通过对比实验表明本系统与国外同类设备相比,精度满足设计要求,性价比。
- 期刊论文 程文平,曹琳,张庚辰,Cheng Wenping,Cao Lin,Zhang Gengchen [摩托车底盘测功机道路行驶阻力允差设定依据的分析](#) -[小型内燃机与摩托车](#)2007,36(5)
国标GB 14622-2002、GB 18176-2002中对底盘测功机阻力设定误差作了明确规定,给出了两种设定方法,为了判定哪种方法更加科学准确,在实际操作中是否便于操作,本文结合理论分析和数学推导得出结论,可将道路行驶阻力误差最大值不超过6N作为简明的依据。

引证文献(1条)

- 李朝军 [机动车底盘测功机控制研究与实现](#)[学位论文]硕士 2006

本文链接：http://d.g.wanfangdata.com.cn/Thesis_Y680097.aspx
授权使用：黑龙江工程学院(hljgcxy)，授权号：f64fdfd-c-a2da-4bf9-9e01-9e9a012d1e44

下载时间：2011年3月2日