

分类号： TM910.6

单位代码： 11057

密 级： 非涉密论文

学 号： 221501852015



浙江科技学院
ZHEJIANG UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY

硕士学位论文

论文题目： 电动汽车智能充电桩设计及其关键技术研究

作者姓名 王飞

指导教师 吴瑞明副教授

学科专业 车辆工程

所在二级学院 机械与汽车工程学院

提交日期 2018 年 01 月 08 日

**A Thesis Submitted to
Zhejiang University of Science and Technology for Master
Degree**

**Design of intelligent charging pile for
electric vehicle and Research on its key
technology**

Candidate: Fei Wang

Advisor: Ruiming Wu

**Zhejiang University of Science and Technology
Hangzhou China
January 2018**

学位论文原创性声明与版权使用授权书

浙江科技学院学位论文原创性声明

本人郑重声明：所提交的学位论文是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的研究成果。除文中已经加以标注引用的内容外，本论文不包含其他个人或集体已经发表或撰写过的研究成果，也不含为获得浙江科技学院或其它教育机构的学位证书而使用过的材料。对本文的研究作出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人承担本声明的法律责任。

作者签名：王飞

日期：2017年12月14日

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，同意学校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。本人授权浙江科技学院可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

本学位论文属于

1、保密□，在_____年解密后适用本授权书。

2、不保密☒。

(请在以上相应方框内打“√”)

作者签名：王飞

日期：2017年12月14日

导师签名：

吴建明

日期：2018年01月



浙江科技学院
ZHEJIANG UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY

电动汽车智能充电桩设计及其关键技术研究

论文作者签名:_____

指导教师签名:_____

论文评阅人 1: _____

评阅人 2: _____

评阅人 3: _____

评阅人 4: _____

评阅人 5: _____

答辩委员会主席: _____

委员 1: _____

委员 2: _____

委员 3: _____

委员 4: _____

委员 5: _____

答辩日期: _____



浙江科技学院
ZHEJIANG UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY

Design of intelligent charging pile for electric vehicle
and Research on its key technology

Author's signature: _____

Supervisor's signature: _____

Thesis reviewer 1: _____

Thesis reviewer 2: _____

Thesis reviewer 3: _____

Thesis reviewer 4: _____

Thesis reviewer 5: _____

Chair: _____

(Committee of oral defence)

Committeeman 1: _____

Committeeman 2: _____

Committeeman 3: _____

Committeeman 4: _____

Committeeman 5: _____

Date of oral defence: _____

摘 要

针对新能源汽车飞速发展所造成的基础电力补给设施建设滞后、充电难、维护难等问题。提出了一种智能化、模块化能实现集群管理与数据监控调度的电动汽车充电桩。

本论文研究智能化电动汽车充电桩的设计，并对其集中管理方式和多桩电力分配方法进行研究。首先，对电动汽车智能充电桩需求以及功能进行分析，确定基本设计参数。基于 LPC1769 智能充电桩可重构模块化设计，划分为功能结构模块、人机交互模块、安全防护模块三个模块。在设计中配以多种通信接口实现智能实时监控，提高使用安全性。集成 RFID 射频技术、液晶显示、状态指示、嵌入式打印等多种人机交互要素，使人机交互更加直观。其次，对充电桩的智能人机交互界面软件架构进行分层设计，划分为 APP 层、BUSS 层、COMP 层、DRV 层。并设计了交互原型及操作流程。再次，基于 IEC104 规约设计智能充电桩通信协议。通过 MODBUS 的 RS485 串口通信协议将数据打包发送到集中器，由 GPRS 将数据发至网络端服务器。从而实现智能充电桩集群管理与监控调度。最后，提出一种以电池 SOC、充电模式、接入数量等主要影响因素建立多桩电力分配模型，求取加权基尼系数进行优化。得出一种基于基尼系数的区域性多桩电力系统电力分配方法。该方法降低了充电高峰时因电力不足对电动汽车动力电池组造成的电池损耗，并兼顾了电力分配的公平性。

关键词：智能充电桩，LPC1769，模块化，人机交互，基尼系数

ABSTRACT

With the rapid development of new energy vehicles, the basic power supply facilities construction seriously lagging behind. It is difficulty in charging and maintenance, so an intelligent and modular charging pile for electric vehicle which can realize cluster management and monitoring dispatch is put forward.

In this paper, the design of intelligent electric vehicle charging pile is studied, and its centralized management mode and multi-pile power distribution method are introduced. Firstly, the requirements and functions of the electric vehicle smart charging pile are analyzed to determine the basic design parameters. The module is designed based on LPC1769 intelligent charging pile. It is divided into three modules: functional structure module, human-computer interaction module and safety protection module. In this design a variety of communication interfaces are designed to achieve intelligent real-time monitoring which can improve the use of security. At the same time the design also integrates RFID radio technology, liquid crystal display, status indication, embedded printing and other human-computer interaction elements, that makes human-computer interaction more intuitive. Secondly, the intelligent human-computer interaction interface software design of the charging pile is divided into APP layer, BUSS layer, COMP layer and DRV layer, and the interaction prototype and operation flow are designed. Thirdly, the intelligent charging pile communication protocol is designed on the basis of the IEC104 protocol. The charging pile data is sent to the concentrator through MODBUS RS485 serial port communication protocol, and then sent to the network server by GPRS. Through the above way, the intelligent charging pile cluster management and monitoring dispatch is realized. Finally, a multi-pile power distribution

model is established with the main factors such as battery SOC, charging mode and electric vehicle access quantity. And then obtain the Gini coefficient under each influence factor to be weighted and optimized. A power distribution method of regional multi-pile power system based on Gini coefficient is obtained. This method reduces the battery loss caused by insufficient power at the peak of the charge, and the fairness of power distribution has been taken into consideration.

Key words: Smart charging pile, LPC1769, Modularization , Human-computer interaction, Gini coefficient

目 录

摘 要.....	I
ABSTRACT.....	II
目 录.....	IV
第 1 章 绪 论.....	1
1.1 研究背景与意义.....	1
1.2 国内外电动汽车充电设施发展现状.....	2
1.2.1 国外电动汽车充电设施发展现状.....	2
1.2.2 国内电动汽车充电设施发展现状.....	4
1.3 论文结构及主要研究内容.....	5
第 2 章 智能充电桩整体方案设计.....	7
2.1 智能充电桩需求分析.....	7
2.1.1 智能充电桩市场需求分析.....	7
2.1.2 智能充电桩功能分析及基本参数制定.....	8
2.2 智能充电桩总体方案设计.....	11
2.3 本章小结.....	13
第 3 章 智能充电桩可重构模块化设计.....	14
3.1 智能充电桩功能模块设计.....	14
3.1.1 基于 LPC1769 的主控单元设计.....	14
3.1.2 智能通讯单元电路设计.....	15
3.1.3 智能计量计费单元设计.....	18
3.2 智能充电桩人机交互模块设计.....	19
3.2.1 智能身份识别单元设计.....	19
3.2.2 智能显示单元设计.....	20
3.3 智能充电桩安全防护模块设计.....	21
3.3.1 控制导引系统设计与研究.....	21
3.3.2 基于人机工程学的防护单元设计与研究.....	27
3.4 智能充电桩功能测试.....	30
3.4.1 测试方案.....	30
3.4.2 测试条件与测试仪器.....	31
3.4.3 测试结果与分析.....	31
3.5 本章小结.....	32
第 4 章 智能充电桩人机交互界面软件架构及分层设计.....	33
4.1 智能充电桩人机交互界面软件构架分层设计.....	33
4.2 智能充电桩人机交互界面设计与应用.....	37
4.2.1 智能充电桩人机交互系统原型设计.....	37
4.2.2 智能充电桩人机交互界面流程设计.....	38
4.3 本章小结.....	42
第 5 章 智能充电桩集群管理系统通信协议设计.....	43
5.1 集群管理系统通信协议总体设计方案.....	43
5.1.1 集群管理通信协议设计框架.....	43
5.1.2 智能充电桩应用管理层参照基本协议.....	45

5.2 智能充电桩集群管理系统通信协议设计..... 46

5.2.1 集群管理系统通信协议设计结构..... 46

5.2.2 集群管理系统通信协议制定..... 48

5.3 智能充电桩与服务器通信流程..... 51

5.4 本章小结..... 53

第 6 章 基于基尼系数的多桩电力智能分配技术..... 54

6.1 多桩电力系统介绍..... 54

6.2 基尼系数在多桩电力分配中的应用..... 55

6.3 基于基尼系数的多桩电力分配方法..... 56

6.3.1 多桩电力分配模型建立..... 57

6.3.2 基尼系数控制指标及其权重分配..... 57

6.3.3 最优基尼系数优化方法..... 59

6.4 本章小结..... 60

第 7 章 总结与展望..... 61

7.1 全文总结..... 61

7.2 工作展望..... 62

参 考 文 献..... 63

附 录..... 66

致 谢..... 68

攻读学位期间参加的科研项目 and 成果..... 69

第1章 绪论

1.1 研究背景与意义

气候变化、能源和环境问题已经成为人类社会面对的长期问题。随着美国表示回归 COP15《联合国气候变化框架公约》缔约方第15次会议和以中国、印度为代表的新兴国家被纳入到其中^[1]。世界能源市场消耗量2005年到2030年预计增加50%。随着能源消耗的逐年增加,二氧化碳的排放量也将增加。目前二氧化碳排放25%来自于汽车。至2030年,将由2005年的281亿吨增至423亿吨^[2]。在我国,汽车排放的污染已经成为城市大气污染的重要因素,减排二氧化碳的压力将越来越大。交通运输领域的温室气体排放、能源消耗和尾气排放三大问题能否有效解决,直接影响人类共同面对的环境、能源等问题。为此,全世界主要国家政府、组织、汽车生产商、能源供应商共同行动起来,推动全世界汽车工业动力系统电动化战略转型,促进可持续发展电动汽车产业的形成^[3-4]。

作为世界能源消耗大国,电动汽车在中国一直被看做是汽车发展的趋势。国家和地方政府大力推广电动汽车,随着电动汽车行业的发展辅助其发展的电动汽车能源设备也就成为了搞研究开发的潮流领域之一。我国石油资源比较贫乏,燃油与尾气的排放污染又是未来大中城市大气污染的主要污染源^[5]。为此我国发展电动车辆无疑是未来发展的必然趋势,也是符合绿色环保革命的需求,更是一种社会可持续发展的有效途径。

电动汽车是一种以车载电源为动力,驱动车轮行驶的道路交通工具,其零排放的特性在大规模替代燃油汽车后可以减少有害的污染气体的排放,同时电能的获取方式也是多途径甚至可再生的能源。可以在一定程度上减少不可再生能源的消耗,降低了能源危机爆发的可能性,因此在第三次能源危机过后世界各国的大汽车公司都相继投入到电动汽车的研发中,而为电动汽车提供动力源泉接口就是充电桩^[6]。

我国的充电设施的建设与研究相对较晚,存在着较多的问题亟待解决。随着新能源汽车的迅猛发展,其辅助供电设备建设严重滞后,造成充电桩数量不足,成为阻碍新能源汽车发展的主要因素之一。即便充电桩数量可以解决充电难的问题,但大规模的电动汽车接入会对电网造成巨大的冲击。在区域性电网内形成的

多桩电力系统中如何公平有效的进行电力分配也成为了电动汽车普及的巨大难题。

同时现有的充电桩很大程度上无法满足市场需求。在功能性上：已建成的基础供电设施中，基本上都只是满足于供电的需求，没有分时段智能计费计量功能、信息交互功能、身份识别等多元化的功能，功能性相对单一。从统一性、标准性上：市面上的充电桩接口标准不统一，造成车在桩前却无法进行电力补给的尴尬局面。在使用性上：现有的大部分充电桩因服务信息更新缓慢造成其利用率极其低下，同时操作流程与操作界面也各有不同给用户的使用带来了相应的麻烦。在安全性上：一旦充电桩在充电过程中出现问题无法及时作出回应，因桩体本身缺少相应的监控和通信模块，使其故障维护信息无法及时传达，为后期维护造成了极大的困难。

以上原因使电动汽车的电力补给变得相对比较困难。因此传统的电动汽车充电桩已经无法满足现有的需求，需要设计一种智能化、模块化能实现集群管理与监控调度的电动汽车充电桩来解决上述已存在问题。

1.2 国内外电动汽车充电设施发展现状

1.2.1 国外电动汽车充电设施发展现状

法国政府协同 EDF（法国电力）公司，并与 PSA 公司、Renault（雷诺）汽车公司等多家公司合作，开发电动汽车，在 La Roche（拉罗切里市）投资生产了小型 4 座电动汽车 50 多辆，并建造了 12 座（包括 3 座快速和 9 座普通）充电站，目前已经投入使用并进行了超过 4 年的试验。法国目前投入使用的充电桩却只有 8 千多个，根本不能满足电动车的市场发展需求。为了解决这个难题，法国政府经过审议后拍板：未来 3 年法国将在现有充电网络基础上增加 1 万 6 千个充电桩，预计投资 8000 万至 1 亿欧元。^[7-9]

德国政府规划到 2020 年使电动汽车数量超过 100 万辆。为实现这一目标，在今年年初德国政府通过的 500 亿欧元的经济刺激计划中，很大一部分用于电动汽车研发、“汽车充电站”网络建设和可再生能源开发^[10-11]。目前，德国上路的电动车大约有 10 万辆，充电桩约 2000 多个。同时德国政府决定将针对大城市交通要道，至 2017 年计划建成 400 个快速充电桩，要求半小时内必须让电动车充满 80 格血，而且还要统一使用具有欧洲标准连接器。

日本新能源汽车也一直处于世界领先水平,东京电力公司已宣布其成功研发出大型快速充电器,该充电器大大缩短了充电时间,这对日本电动汽车普及提供了较大的可能性^[12]。日产汽车公司报告显示,公共场合充电桩和家用充电桩数量达到4万多,超过了其加油站数量。而且,充电桩的建设不仅有政府在推进,丰田、日产、本田、三菱这四大本土车企与日本政策投资银行共同成立了“日本充电服务”公司,主动担当起在承担起在充电桩的安装成本和8年免费保修。

美国的 First Solar 公司最早在加州的高速上建造了5座快速充电桩,能够在240V/70A条件下,于3.5小时内完成对特斯拉电动汽车的充电。在美国,电动汽车的销量已占全球的45%。截止至14年6月,美国已经卖出了累计22.7万辆电动车。Charge Point 是美国最大的电动车充电桩服务商之一。目前,它们已建的充电桩占全美充电桩数量的40%。

在充电桩的快速发展的背后有着充电的各个关键技术的深入研究,为充电桩的研发与设计提供了深厚的技术支持。CH Hatton 等^[13]在《Charging Stations for Urban Settings the design of a product platform for electric vehicle infrastructure in Dutch cities》一文中研究了基础设施在电动汽车技术大规模实施中的作用,设计了电动汽车充电系统,提供了多种充电方案。

L.Gan 等^[14]在《Optimal Decentralized Protocol for Electric Vehicle Charging》一文中提出了一种避开配电网符合峰填谷的分布式有序充电调度策略。

JP Iria 等^[15]在《Development of a novel management system for Electric Vehicle charging》一文中提出一种新型充电管理系统开发,充电桩通过与电动汽车的电池管理系统通信实现直流充电。

J Quiros-Tortos 等^[16]在《Control of EV Charging Points for Thermal and Voltage Management of LV Networks》一文中提出了一种优化改进后针对低压网络中的充电控制方法。

R Jiang 等^[17]在《A Secure Communication Protocol with Privacy-Preserving Monitoring and Controllable Link ability for V2G》一文中对电动汽车与配电网之间的互动以及控制策略进行了研究,并提出多种互动模式下的能量管理方案。

1.2.2 国内电动汽车充电设施发展现状

国内, 2010 年 3 月份, 唐山的南湖电动汽车充电站也正式地投入了商业运营, 这是由华北电网建设的第一座典型大型电动汽车充电站。

2012 年 7 月 9 日, 国务院正式颁发《2012-2020 节能与新能源汽车产业发展规划》。规划中明确了销量、能耗两个目标: 到 2020 年, 新能源汽车市场的产销 500 万辆^[18]。

2014 年 9 月, 宝马在北京举行了该品牌中 i3 和 i8 车型的上市仪式, 正式进入中国电动汽车市场。在充电服务领域, 宝马推出了一款具有诸多智能功能的“i Wall box Pro”充电桩。

2015 年 9 月, 国务院办公厅发布《关于加快电动汽车充电基础设施建设的指导意见》。

2016 年, 中汽协的统计报告中, 新能源汽车销售 50.7 万辆, 同比增长 53%, 占全球比重超过 50%截止同年 12 月公共类充电桩建设、运营数量接近 15 万个, 基础公共类供电设施保有量全球第一。

在理论研究方面, 北京交通大学研发的 30kw 大功率单体充电机, 比较有代表性, 该技术较为成熟, 可三台并用, 其输出电压为可调 300V~500V, 并可选择多种充电模式。

党杰等^[19]在《基于用户意愿和出行规律的电动汽车充电符合分配策略》一文中对电动汽车的有序控制策略和方案进行了研究。

王宇^[20]在《电动汽车充电站监控管理系统设计与实现》一文中研究了充电站监控系统的设计与实现, 提出集群控制的思想控制电动汽车的无序充电行为。

李锦璠^[21]在《电动汽车 V2G 充电站充放电控制策略与谐波特性研究》一文中研究了充电站接入电网时对电能质量的影响并对其进行仿真分析, 提出改善电能质量的方案。

曹元威^[22]在《电动汽车直流充电桩控制系统设计》一文中对电动汽车充电桩的控制方法和控制流程进行了研究, 分析了充电控制导引电路的工作原理。

王悦宇^[23]在《电动汽车无线充电系统的研究与设计》一文中通过研究磁耦合谐振式无线充电技术原理和传输机制, 构建系统总体方案框架并搭建系统电路模型, 并进行软件仿真和实验验证。为无线充电提供了一定的理论技术支持。

1.3 论文结构及主要研究内容

本文从智能充电桩的设计入手,根据市场调查需求以及相关国家技术标准制定合理的设计方案并结合模块化设计的思想完成对智能充电桩进行模块化的设计。同时根据人机工程学的理念对桩体以及智能人机交互界面进行了深入的研究与设计。本文还预见性的提出了以后大量新能源汽车的接入,如何对智能充电桩集群管理的实施方案并做了相关协议研究,配合通信协议实现智能充电桩的调度管理以及实时监控信息的交互。最后引入基尼系数的概念,提出了一种针对区域性的多桩电力智能分配方法。

全文一共包括7章,结构和内容编排如下:

第一章:叙述研究背景与研究意义,并对相关的发展现状做了简要概述。并提出了论文的相关研究内容。

第二章:根据电动汽车智能充电桩的需求分析,确定整体设计方案及设计流程。

第三章:智能充电桩可重构模块化设计,并在设计中对控制导引系统技术进行研究。完成智能充电桩的主控单元设计以及主回路的硬件电路搭建。

第四章:智能充电桩的人机交互界面软件架构设计,并根据人机工程学的设计思想科学的设计智能型人机交互界面,确定其交互流程以及相关逻辑顺序。

第五章:智能充电桩集群管理方案确定,并设计其通信协议,使智能充电桩与服务器之间建立起沟通联系的桥梁。提高其使用的安全性。

第六章:将基尼系数概念引入到对区域内多桩电力分配系统方案的设计中,对基于基尼系数的多桩电力系统电力分配方法进行研究。

第七章:总结本文的总体工作研究内容,并对智能充电桩下一步研究方向做简要概述。

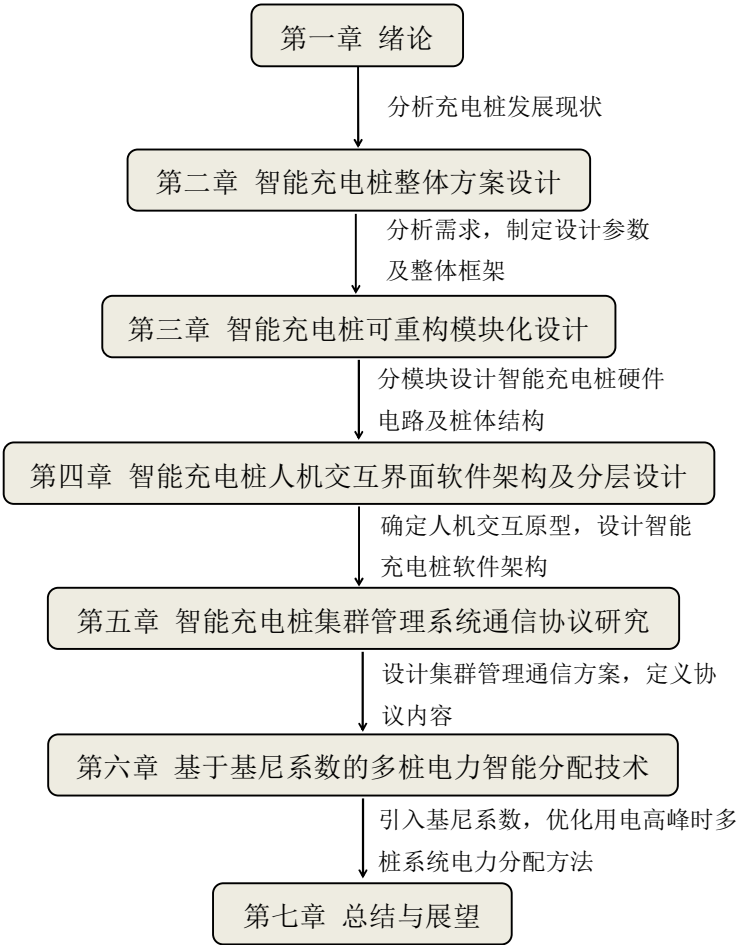


图 1-1 论文结构框图

第2章 智能充电桩整体方案设计

2.1 智能充电桩需求分析

2.1.1 智能充电桩市场需求分析

据中国汽车工业进出口有限公司副总经理邢伟强介绍,目前我国的新能源汽车保有量达到 100.4 万辆, 占全球新能源汽车保有量的 50%以上。2017 年 1-6 月新能源汽车销售 19.5 万辆, 其中纯电动车销量占比 75%。预计在未来 3 年内, 中国新能源汽车仍将保持 35%到 40%的年增长率。新能源汽车未来形势大好, 而电动汽车充电桩与电动汽车是伴生的关系, 在新能源汽车逐渐成为发展主流的现在, 电动汽车充电桩的发展形势也变得尤为火爆。

据我国近期发布的《能源发展“十三五”规划》称, 到 2020 年将建设“四纵四横”城际电动汽车快速充电网络, 新增超过 800 座城际快速充电站。同时国家能源局发布的《2017 年能源工作指导意见》中, 提出 2017 年内计划建成充电桩 90 万个。根据北京市发改委下发的《北京市电动汽车充电基础设施专项规划(2016-2020)》, 将在 2020 年前建成电动汽车充电桩 43.5 万个。到 2020 年, 上海市计划新能源车辆充电桩规模至少达到 21.1 万个, 广州将建成分散式充电桩约 35 万个。

国家电网公司表示: 2016 年, 已经建成充电桩 2.2 万个, 累计建成充电桩超过 4 万个。“十三五”期间, 将规划投资 250.2 亿元, 到 2020 年建成充换电站 1 万座、充电桩 12 万台。如图 2-1 所示为国家电网充电桩的建设计划。

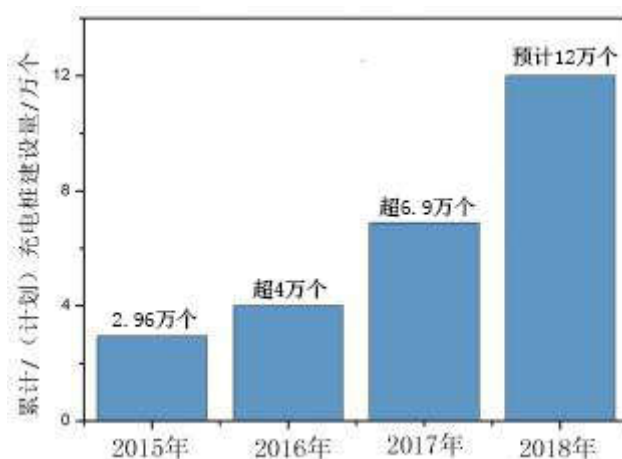


图 2-1 国家电网充电桩建设情况

从国家“十三五”计划以及国家电网公司的投资布局情况可以看出，在未来几年内电动汽车智能充电桩的需求量将逐渐增大。但我国新能源汽车的充电基础设施建设相对滞后，与新能源汽车的比例严重不足。基础设施的建设为新能源汽车的正常化使用提供保障性的作用。因而其建设的进度，对于此类汽车的市场推广有着非常大的影响作用^[24]。

可以预想，越来越多的居民小区会申请加设充电桩，其中对用户充电桩的需求增长应会慢于对小区内公用充电桩的需求。但充电桩数量的增加，造成后期的维护与管理难度增大，同时大量电动汽车接入对电网的冲击也将增大。因此一种能实时监控的智能充电桩成为了一种必然趋势。

2.1.2 智能充电桩功能分析及基本参数制定

电动汽车智能充电桩是可以实时监控充电状态，并把监控信息通过 GPRS 实时传输到智能管理平台为电动汽车的输入电力的辅助供电设备。根据其定义以及目前的调查电动汽车充电桩主要实现的功能有如下功能：充断电功能、自动检测功能、智能计费计时功能、智能安全保障功能（防雷功能、防水防尘功能、自动断电保护功能、急停功能等）、通讯功能、智能人机交互功能、智能监控功能等。

通过对充电桩的功能需求，可以提出如下的技术指标：

1. 智能充电桩基本功能要求：

- 适用充电电池多样性：充电桩应能对锂离子蓄电池、镍氢蓄电池、铅酸蓄电池类的电动汽车进行充电；
- 智能监控功能：实时采集充电桩充电状态信息，并将桩体信息实时传输到后台管理系统，并且能自动判断故障信息从而做出紧急自动断电保护等操作。
- 通信功能：充电桩应具备与蓄电池管理系统通信的功能，且能判断与蓄池管理系统是否正确连接，能获得蓄电池管理系统充电参数和充电实时数据；
- 智能人机交互功能：简单友好的人机交互界面，操作界面更加智能化，使操作者有更加舒适的操作体验。

1) 显示应包括如下信息：

- ① 电池类型、充电电压、充电电流、充电时间、电能量计量信息；
- ② 电池单体最高/最低电压；
- ③ 故障及报警信息记录；

④ 在手动设定过程中的人工输入信息；

2) 输入功能：应具备手动输入和控制的功能；

- 智能计量计费功能：充电桩应具备对输出电能量进行计量，并根据充电时段的计价不同，智能计算出对应费用；

- 数据存储传输功能：充电桩应具备交易及管理信息存储功能，并具有数据传输的接口；

2.智能充电桩基本技术参数制定

1) 输入电压和电流要求如下表 2-1，允许电压波动范围为额定电压 $\pm 15\%$

表 2-1 充电桩输入电压要求

输入方式	输入额定电流值 I/A	输入额定电压值 U/V
1	$I \leq 16$	单相 220
2	$16 \leq I \leq 32$	单相/三相 220/380
3	$I \geq 32$	三相 380

本文在设计中选用的是表 2-1 中的第一种输入方式，其额定输入频率为： $50\text{Hz} \pm 1\text{Hz}$ 。

2) 工作环境要求：

① 工作环境温度： $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；

② 相对湿度：5%~95%；

③ 海拔高度 $\leq 1000\text{m}$ ；

3) 安全防护要求：

① 温度要求：在 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境温度下，桩体可用手接触部分允许的最高温度应为金属部分： $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，非金属部分： $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；可以用手接触但不用紧握的部分，允许最高温度为： $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。智能充电桩运行时的内部元器件应该有一定的温升范围，其具体规定如表 2-2 所示。

表 2-2 充电桩各部件极限温升

部件或器件	极限温升 K
功率器件	70
变压器、电抗器、B 级绝缘绕组	80
与半导体器件相连处	55
与半导体器件连接处的塑料绝缘线	25
母线连接处	50
铜——铜	50
铜搪锡——铜搪锡	60

② 电气防护要求：

充电桩应具备电源输入过压、欠压保护，输出电流、电压保护以及短路保护；具有与车辆绝缘功能相匹配的绝缘检测功能；同时充电桩还应有防雷击保护，具有符合表 2-3 所规定标准雷电波短时冲击电压试验。

表 2-3 绝缘试验的试验等级

额定绝缘电压	绝缘电阻测试仪器电	工频耐压试验电压	冲击耐压试验电压
U/V	压等级 V	KV	KV
U≤60	250	1.0（1.4）	1.0
60≤U≤300	500	2.0（2.8）	5.0
300≤U≤700	1000	2.5（3.5）	12.0

注 1：括号内数据为直流工频耐压试验值；
注 2：出厂试验时，工频耐压试验允许试验电压高于表中规定值的 10%，试验时间 1S。

③ 环境耐性要求：

充电桩外壳防护等级应不低于 GB 4208-2008 中的 IP30(室内)或 IP54(室外)；户外安装应能承受 GB/T 4797.5-1992 中表 8 规定的不同地区最大风速的侵袭，同时还应有三防保护、防盗保护以及防氧化保护；能承受 GB/T 17626.5-2008 中第五章规定的试验等级为 3 级的浪涌（冲击）抗扰度试验。

④ 电磁兼容性要求：

充电桩应能承受 GB/T 17626.3—2006 中第五章规定的试验等级为 3 的射频电磁场辐射抗扰度试验，应符合表 2-4 规定的辐射骚扰限值。

表 2-4 在 10m 测量距离处的辐射骚扰限值

频率范围	MHz	准峰值限值	dB (μV/m)
30~230			40
230~1000			47

2.2 智能充电桩总体方案设计

根据上文对电动汽车智能充电桩的需求调查分析，可以将智能充电桩桩体硬件分为三个模块，分别为功能结构模块、人机交互模块以及安全防护模块。如图 2-2 所示，为智能充电桩的模块化框图。

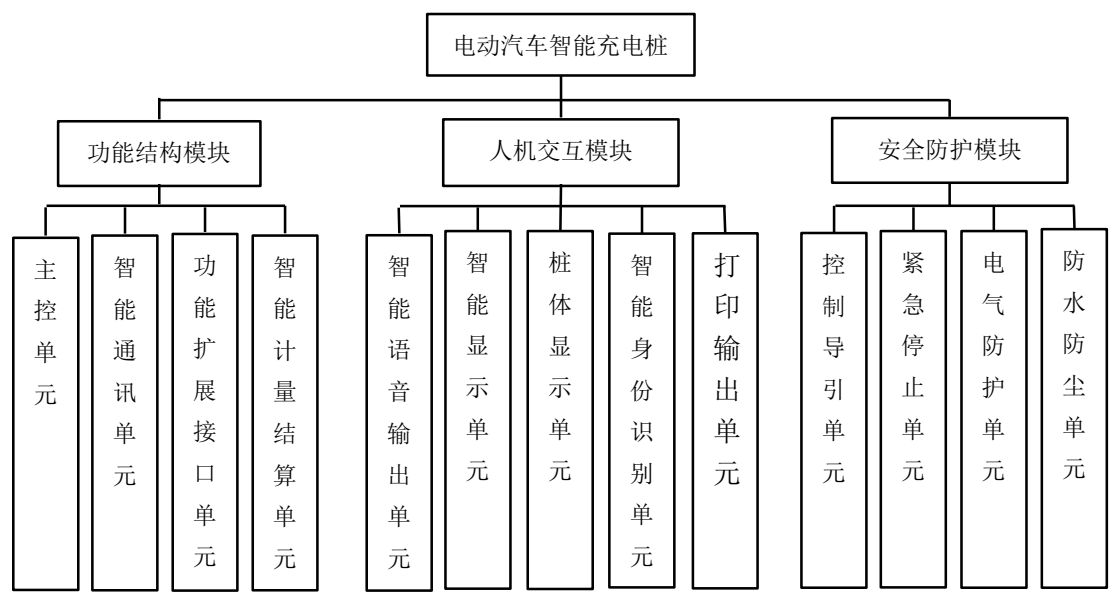


图 2-2 智能充电桩模块化框图

智能充电桩的工作原理，是当控制导引系统与电动汽车充电接口接通后，通过智能化的人机交互界面发出充电控制指令然后由主控制系统控制一个电池继电器的开闭来控制主回路上的交流接触器开闭，从而实现给电动汽车的电力补给功能。智能充电桩同时还有智能计费功能，该功能通过在主回路接入一个智能电

表实现不同段多种费率的计量功能，并通过 RS-485 将计量数据传输到控制系统中，实现智能计量计费功能。智能充电桩还拥有丰富的人机交互功能，RFID 射频技术可以实现身份识别，将操作的基本信息录入射频卡中，同时还能用于费用结算；智能语音提示和状态显示灯也使操作更加简单便捷；智能化的人机交互界面，操作者可以从移动终端或者桩体显示器上对充电桩进行操作；嵌入式的微型打印机还能为消费者提供消费凭条。多种通信功能，可以实时的将各种数据实时反馈到移动终端和管理平台上，使充电桩的使用更加智能化舒适化。同时断路器浪涌保护器、急停按钮等的合理运用使得智能充电桩的安全性得到了更好的保障。如下图 2-3 所示为智能充电桩的系统结构方案图。

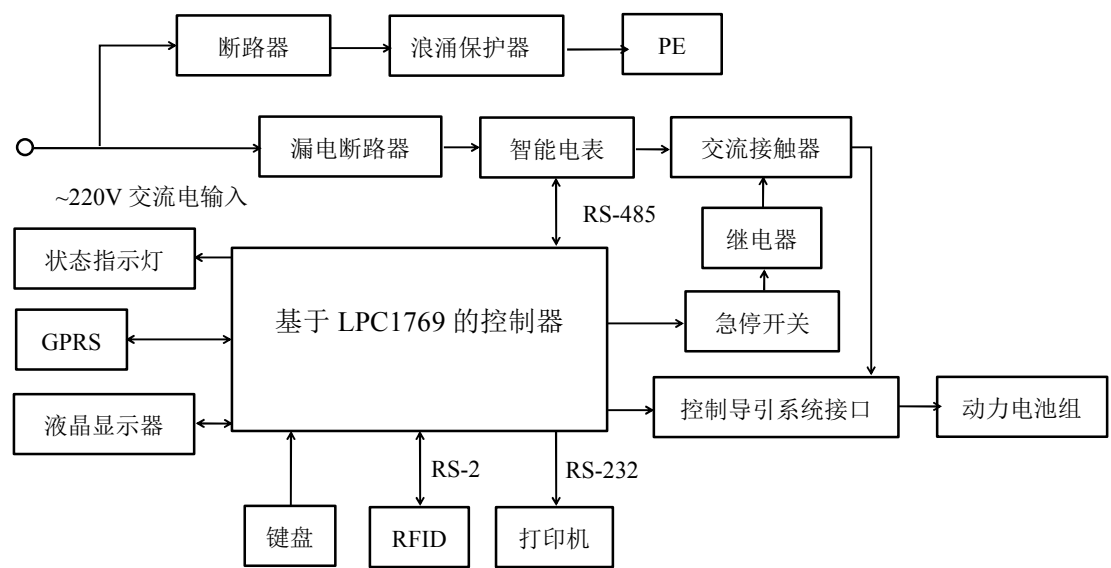


图 2-3 智能充电桩系统结构框图

根据充电桩的整体方案设计，整个设计流程可分为四个主题设计流程，分别是：功能设计、电路设计、外形结构设计和程序设计。其中功能设计是前期对充电桩的市场调查与消费定位而决定的。当确定要实现哪些功能的时候就可以进入下一步的电路原理设计，电路原理的设计可以与充电桩外形结构设计同时展开，这样就可以加快研发进度。而程序设计必须在电路原理设计完成之后才能进行，不然有可能造成设计的程序与电路原理不匹配，从而无法实现对充电桩的控制。当以上完成之后就可以对充电桩进行程序的调试，程序的调试过程是一个漫长的过程，在调试的过程中需要根据设计的功能进行模块化的调试，这样可以减小调

试的难度，易于功能模块化的实现。当调试完成实现所有设计功能的时候，就可以开始产品的质量设计，譬如安全防护等级的设计，电磁兼容设计等逐步完善充电桩的设计。整个设计流程如图 2-4 所示。

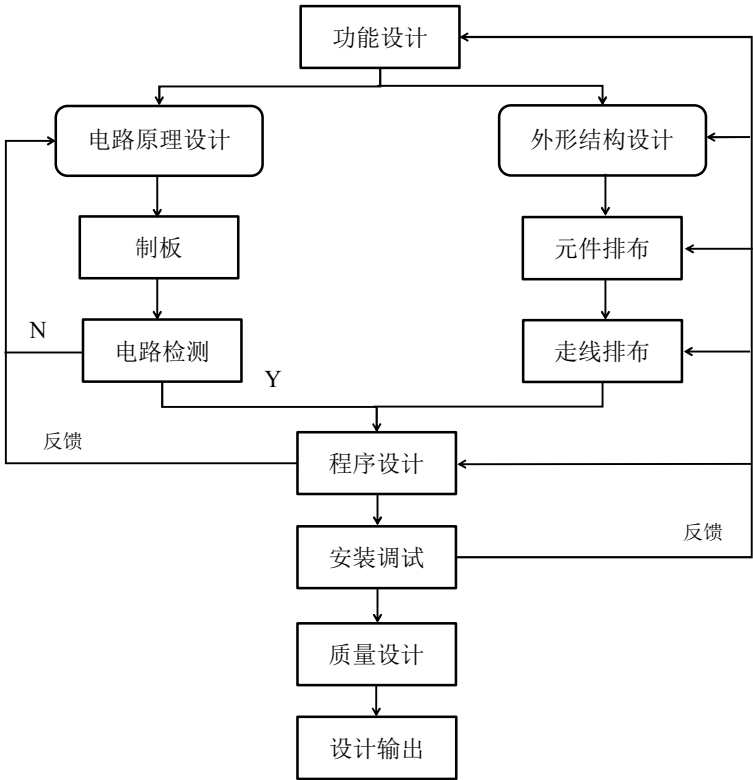


图 2-4 智能充电桩设计流程图

2.3 本章小结

本章首先对电动汽车智能充电桩的市场需求以及功能需求做了一定的调查与分析，确定了本次设计的智能充电桩的相关功能参数以及其基本功能，然后再根据相关功能将智能充电桩划分为功能结构模块、人机交互模块、安全防护模块三个模块，再将各功能分配到相应模块，为智能充电桩的可重构模块化设计提供设计依据。然后根据智能充电桩的功能需求设计了基于 LPC1769 智能充电桩系统结构方案。最后在整个设计框架下制定了本次设计的基本流程。

第 3 章 智能充电桩可重构模块化设计

3.1 智能充电桩功能模块设计

3.1.1 基于 LPC1769 的主控单元设计

本设计选用 NXP 的具有 Cortex-M3 内核的 LPC1769 作为主控芯片。LPC1769 运行在高达 120 MHz 的 CPU 频率，可用于处理要求高度集成、低功耗的嵌入式设备中作为 MCU，其部分原理图如下图 3-1 所示。

- 1. 内核：Cortex-M3 是一个 32 位处理器内核；
- 2. 存储器：Flash 存储器 512KB，数据存储器 64 KB；
- 3. A/D 转换器：12/10 位 delta-sigma A/D 转换器；
- 4. 定时器：4 个通用定时/计数器，共有 8 个捕获输入和 10 个比较输出；
- 5. 通信接口：CAN 控制器、SPI 控制器、2 个 SSP 控制器、3 个增强型的 I2C 总线接口；
- 6. 外部中断：4 个外部中断，1 个不可屏蔽中断（NMI）输入。

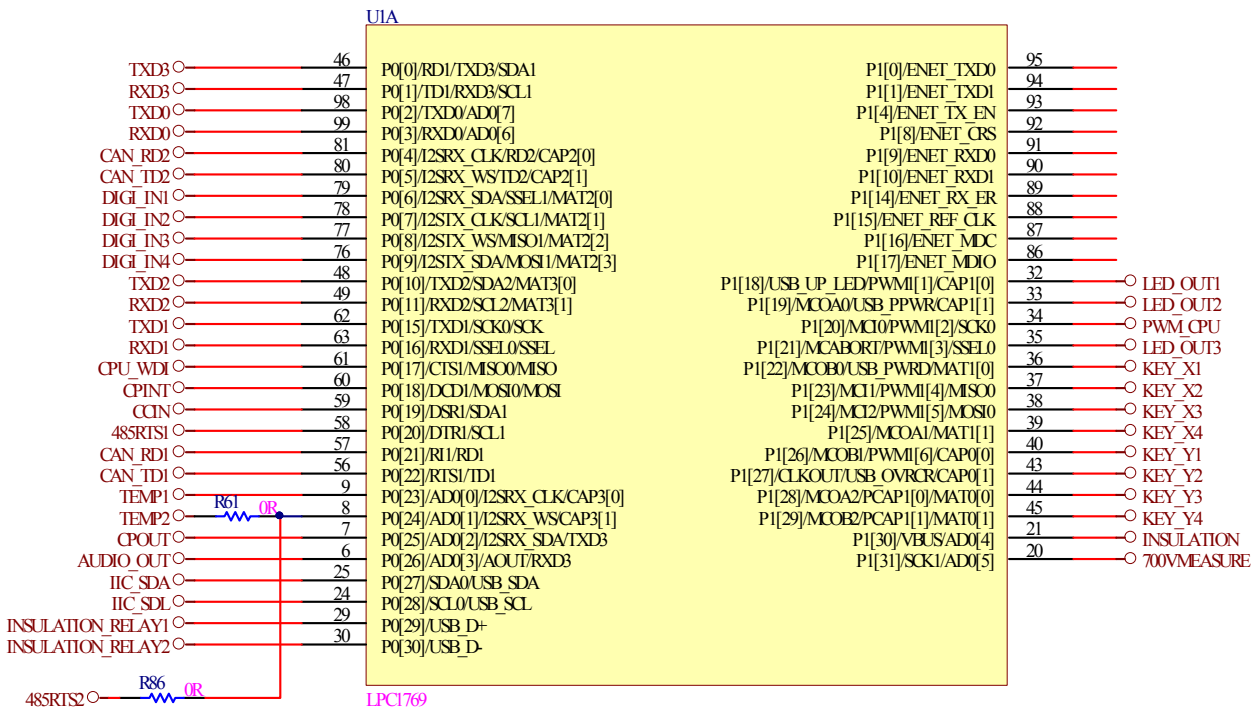


图 3-1 MCU 电路图原理图（部分）

围绕 LPC1769 开发的外围接口电路有功能各不相同的元件模块，其中各模

块所要求的电源也各不相同，因此需要为各功能模块设计符合要求的电源电路。智能充电桩的主控板上共需要三种不同规格的电压，分别是+3.3V、+5V 以及 +12V。为了获得稳定的电源+5V 和+12V 使用外置学生电源实现。

+5V 电压供电：CAN 总线接口、语音模块等模块等；

+12V 电压供电：嵌入式打印机、液晶屏以及状态指示灯；

+3.3V 系统电压：LPC1769 芯片系统的驱动电压是+3.3V，为了得到稳定的系统工作电压需要对主板电源电路+5V 电压降压、滤波、稳压等操作实现所需的电压。其原理图如图 3-2 所示。

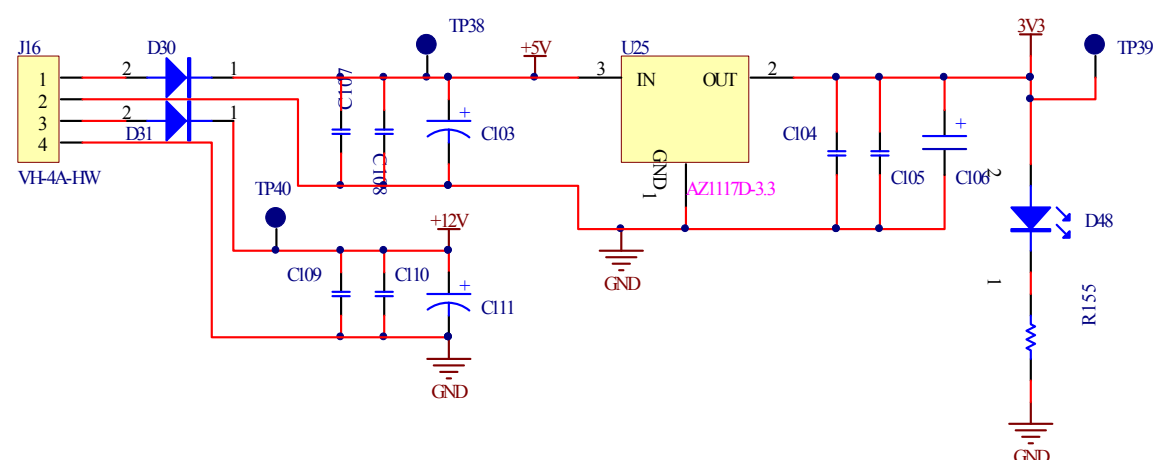


图 3-2 主控板电源电路原理图

通过学生电源提供+5V 和+12V 的电压作为输入电压源。但学生电源输出的电压相对不够稳定，所以输入的电压通过两个 SB3100 整流后再用滤波电路对其进行滤波，获得稳定的+5V 和+12V 电源电压。然后再通过 AZ1117D 降压、滤波、稳压最后得到 LPC1769 芯片所需的稳定驱动电压。

3.1.2 智能通讯单元电路设计

1. RS-232 接口电路设计

在本次智能充电桩的设计中，通过 RS232 接口连接的主要外设如图 3-3 中所示，包含打印机、GPRS 以及 RFID。

在 RS232 的电路设计中采用的是高速、双通道 RS232/V.28 接口器件 ADM3202ARU-REEL 芯片，该芯片是通用 RS-232 数据链路的主要芯片，能该芯片的工作电压是+3.3V，传输速率可达到 460kbps，同时还具有低功耗的特点。

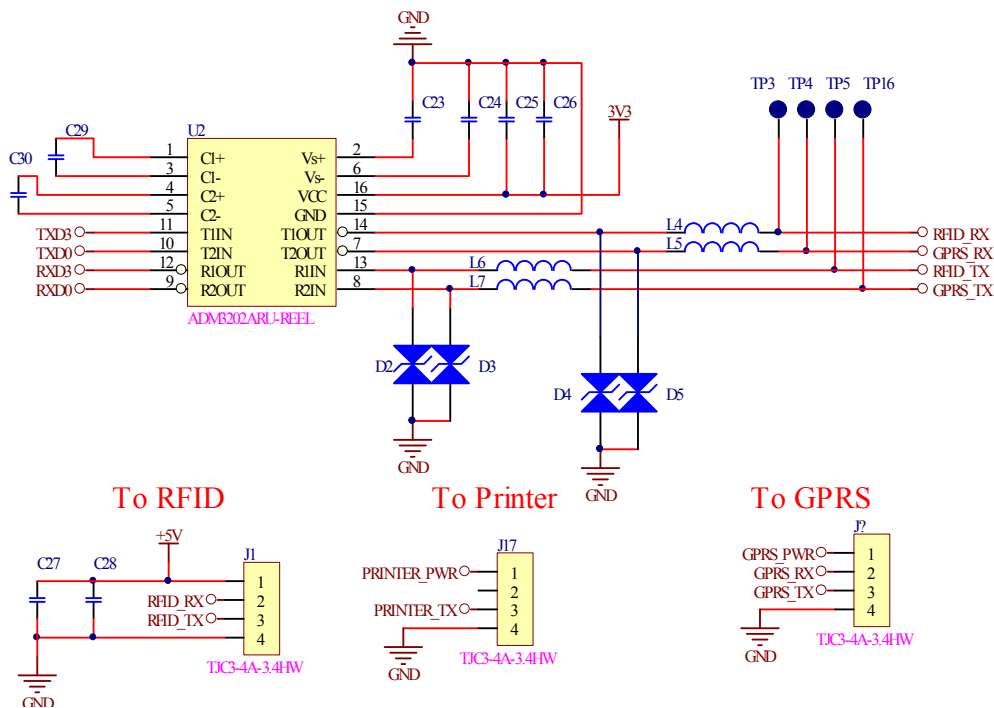


图 3-3 RS-232 接口电路原理图

2. RS-485 接口电路设计

在智能充电桩中，需要实现的电能量的计量与计费功能，为实现该功能在设计中选用了智能电表 DDZY22，该智能电表具有一路调制型红外通讯接口、一路完全隔离的 RS485 通讯接口。因此选用 RS485 作为其通讯接口，这样可以方便现场维护和远程数据采集。如图 3-4 所示。

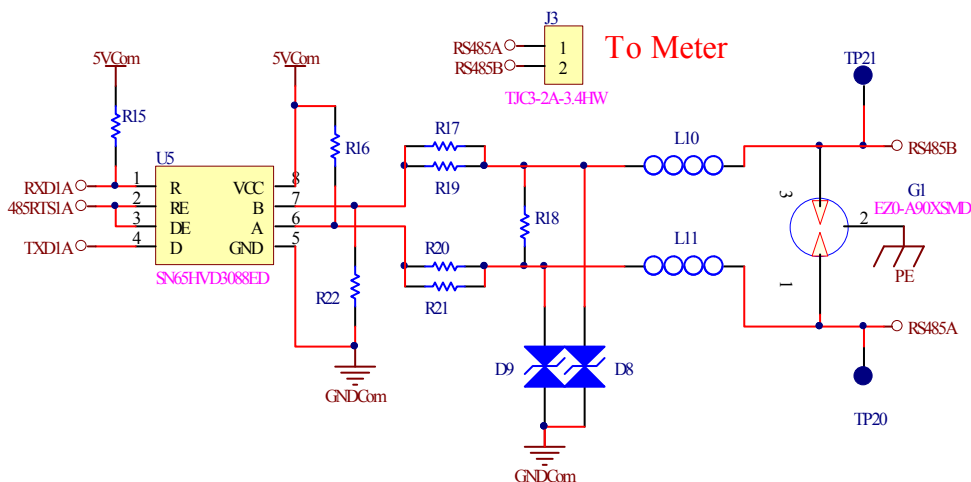


图 3-4 RS-485 接口电路原理图

3. CAN 总线接口电路设计

由于电动汽车的电池管理系统采用的是 CAN 总线通讯，为了能让智能充电桩能和电动汽车电池管理系统（BMS）之间进行信息交互，就需要设计 CAN 总线接口电路。在设计 MCU 电路时选用的 LPC1769 芯片本身自带 CAN 通信接口，因此只需连接 CAN 总线收发电路即可接入总线。但在设计电路时需要考虑 LPC1769 与外部收发器的抗干扰能力，需要在收发器与 LPC1769 之间设计电气隔离电路。在 CAN 总线收发电路的设计中采用了 PCA82C251T 收发器。该收发器提供了 CAN 控制器与物理总线之间的接口以及对 CAN 总线的差动发送和接收功能。

如附图 2 所示，D43、D44、D45、D46 为二极管，分别组成两对反接在总线接入端与地之间。这样在电路负电压较高时，可以有效的保护总线电路。在 PCA82C251T 连接 CAN 总线的两端并联了一个电阻 R159(或 R157)其阻值为 100Ω 。R159(或 R157)作为数据收发终端，对总线有阻抗匹配的作用。可以防止数据在线端被反射，影响数据传输。

4. GPRS 通讯模块介绍

在智能充电桩的设计中，GPRS 是充电桩实现智能化的主要模块，GPRS 可以将桩体的充电状态以及电池组的状态信息等数据，透传到目标 IP 主机。实现移动终端的信息交互及控制，同时还能将数据信息发送到集中器，集中器再将区域内的所有桩体数据传送到充电桩智能管理平台，实现充电桩的智能化管理与维护。其实物如图 3-5 所示，主要特性参数如表 3-1 所示。



图 3-5 GPRS 通讯模块实物图

表 3.1 GPRS 模块（SIM900A）基本特性

供电	单电压：3.4-4.5V
频段	SIM900A 两频：EGSM 900 和 DCS 1800
GSM 类型	小型移动台
发射功率	Class 4（2W）：EGSM 900
	Class 1（1W）：DCS 1800
	GPRS multi-slot class 10（默认）
GPRS 连接特性	GPRS multi-slot class 8（可选）
	GPRS mobile station class B
GPRS 数据特性	GPRS 数据下行传输：最大 85.6 kbps

3.1.3 智能计量计费单元设计

在本次设计中需用一种可以在不同时段进行不同的费率计量方式，同时带有 RS485 通讯功能的智能电表，其接口电路如上图 3-4 所示。所选用的智能电表 DDZY22 相关参数如表 3-2 所示。其具备以下功能：

- 1. 具有正向有功电能、反向有功电能计量功能；
- 2. 具有多费率时段表，可根据时段自动调用相应费率；
- 3. 能实时测量、记录、显示当前电能表的运行参数；
- 4. 一路完全隔离的 RS485 通讯接口，方便现场维护和远程数据采集。

表 3-2 智能电表 DDZY22 相关参数表

项目	参数
型号	DDZY22 等级
额定电压	220V
标准（最大）电流	1.5(6)A 5(20)A 5(30)A 10(40)A 10(60)A 20(80)A
功耗电压线路	≤1.5W/10VA(非通信状态)功耗电压线路
	≤3W(通信状态)功耗电流线路
工作温度	-25℃～60℃（极限工作温度-45℃～70℃）
电压范围	0.8Un～1.15Un
参比频率	50Hz
启动电流	≤0.004Ib
时钟误差	≤0.5s/d(23℃)

所选用的智能电表 DDZY22 实物图如下图 3-6 所示。



图 3-6 DDZY22 智能电表实物图

3.2 智能充电桩人机交互模块设计

3.2.1 智能身份识别单元设计

RFID 是一种射频识别技术, 采用非接触式的自动识别进行电动汽车的充电桩电磁耦合控制, 提高充电桩的智能水平和电能传输稳定性。同时可以通过 IC 卡记录使用者的信息, 也能用于费用结算, 方便对充电桩的实名使用管理。在本设计中直接选用重庆诺塔斯智能科技有限公司的产品 ZLG600SP/T, 如图 3-7 所示。



图 3-7 ZLG600SP/T 非接触式 IC 卡读写器实物图

该模块与主控系统的通信接口方式采用的是 RS-232, 其接口电路如下图 3-8 所示。表 3-3 为其管脚接口定义。

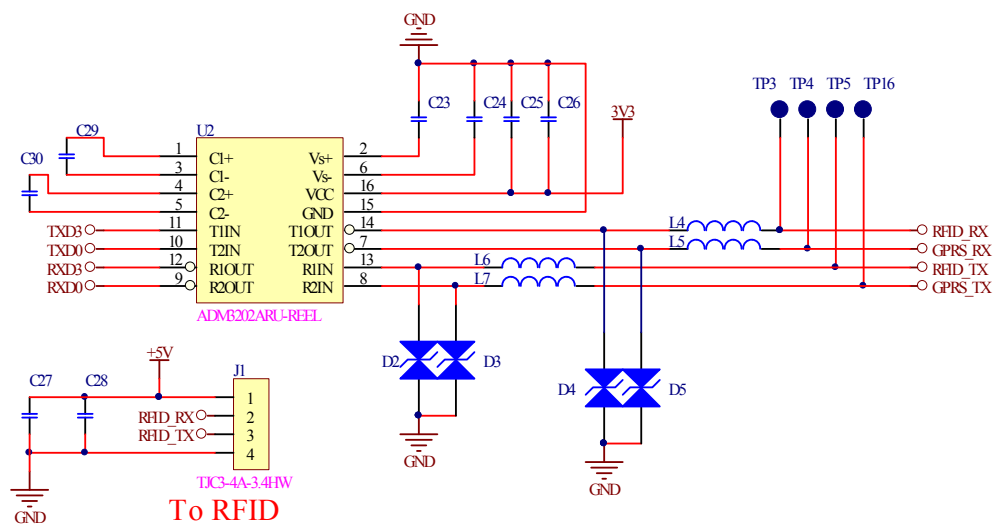


图 3-8 RFID 接口电路

表 3-3 RFID 管脚接口定义

管脚	符号	类型	描述
1	VCC	PWR	电源正端，5V
2	RXD	输入	RS-232C 接收管脚
3	TXD	输出	RS-232C 发送管脚
4	GND	PWR	电源负端

3.2.2 智能显示单元设计

智能显示单元，是智能人机交互单元中最重要的一個单元，它可以通过友好型简单型的智能人机交互界面，使操作者更加简单直观的对智能充电桩进行交互。操作者可以在智能显示终端查看状态的各种实时状态信息，还能通过智能显示单元对其他人机交互单元进行控制，比如发出打印指令驱动打印单元打印消费凭条。与 RFID 单元进行信息交互，在显示单元输入 IC 卡密码后激活桩体的充电状态等。

本设计中选用的是 SYT240160A LCD，可以显示信息。辅助以语音、键盘按键或者触摸屏的触屏功能作为与用户交流的接口，来引导用户按照事先制定的充电流程完成充电操作。

为了智能显示单元能接入控制系统中，根据其管脚定义，在主控单元中设计了对应的 LCD 接口电路，如下图 3-9 所示。

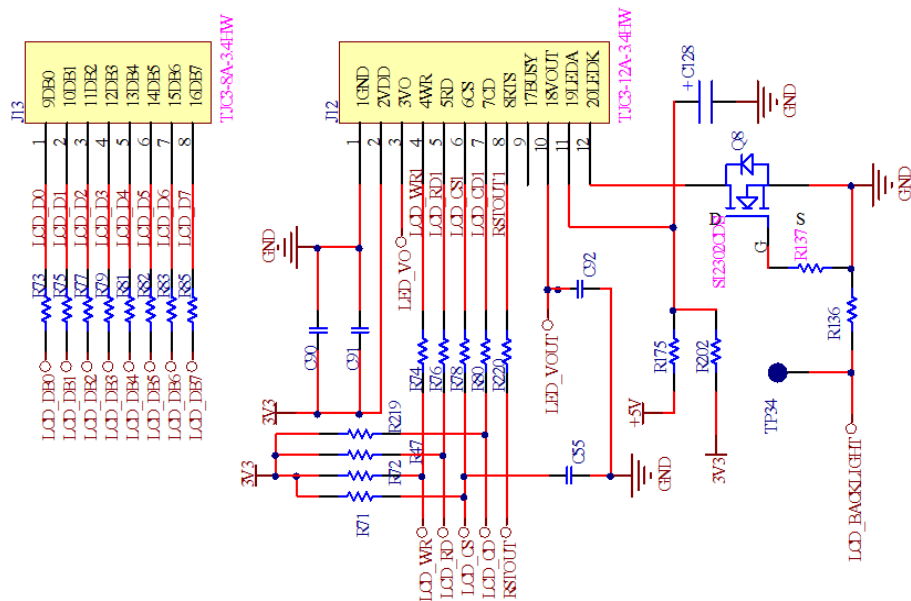


图 3-9 LCD 接口电路

在智能显示单元硬件电路搭建完成时,接着考虑了其智能人机交互界面的主要显示内容。其初始界面主要有四个功能分别为:充电、查询、管理、帮助,然后根据这四个功能又往下展开制定了相关子界面的功能模式。

在本设计中的人机交互模块中,还包括智能语音功能单元、状态显示功能单元以及打印输出显示单元。各交互单元的主要元件如表 3-4 所示。其中 LED 信号灯需要 3 只分别为红、黄、绿三种颜色,代表充电桩工作的三种状态(充电中、故障、闲置或已充满)。

表 3-4 人机交互模块其他外设元器件列表

序号	器件名称	规格型号	单位	数量	生产厂家
1	喇叭	4 欧 2 瓦 28*40	只	1	台群（泉州）电子
2	LED 信号灯	ND-16-22D	只	3	正泰
3	热敏型微信打印机	RD-DG32-S	个	1	荣达

3.3 智能充电桩安全防护模块设计

3.3.1 控制导引系统设计与研究

1. 连接方式与供电插头触头介绍

充电连接方式即使用连接器和电缆将电动汽车接入电源（电网）的方法。一

般电缆组件与供电设备永久连接，将电缆组件另一头的车辆插头和电动汽车上的车辆插座插合即完成连接如图 3-10 所示。

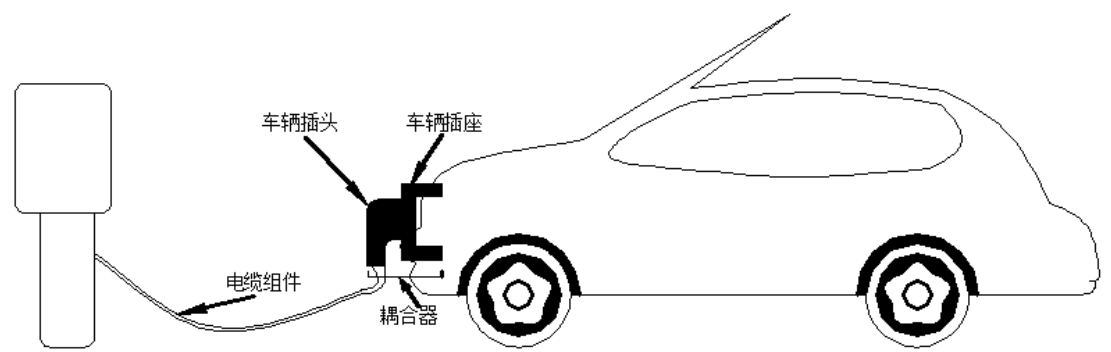


图 3-10 电动汽车与智能充电桩连接方式

如上图所示的充电连接模其供电接口包含 7 对触头，其触头的具体功能定义如下表 3-5 所示。

表 3-5 触头电气参数值及功能定义

触头编号/标识	额定电压与额定电流	功能定义
1—(L1)	250V 10A/16A/32A	交流电源（单相）
	440V 16A/32A/63A	交流电源（三相）
2—(L2)	440V 16A/32A/63A	交流电源（三相）
3—(L3)	440V 16A/32A/63A	交流电源（三相）
4—(N)	250V 10A/16A/32A	中线（单相）
	440V 16A/32A/63A	中线（三相）
5—(PE)	—	保护接地，连接供电设备地线和车辆电平台
触头编号/标识	额定电压与额定电流	功能定义
6—(CC)	0V~30V 2A	充电连接确认
7—(CP)	0V~30V 2A	控制导引

电动汽车控制导引系统的设计中，其供电插头是该系统的核心之一，其具体的布置形式和触头定义必须标准化、统一化，这样才能保证供电设备与新能源汽车之间的通用性。如下图 3-11 所示为当前标准化的电动汽车供电插头，其中的具体参数与上表 3-5 所示的功能定义一一对应

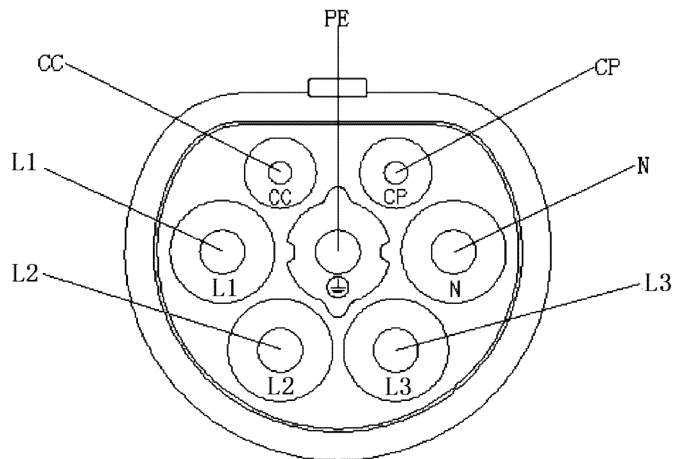


图 3-11 车辆/供电插头触头布置

2. 充电控制导引电路设计

控制导引电路是电动汽车与智能充电桩连接的接口电路，就好比手机充电时 USB 数据线的功能。而控制导引电路就是新能源汽车实现电力补给的“USB 接口”。其基本功能有：①连接确认与电子锁；②充电连接装置载流能力和供电设备供电功率的识别；③充电过程的监测；④充电系统的停止四个功能。其电路原理图如下图 3-12 所示。

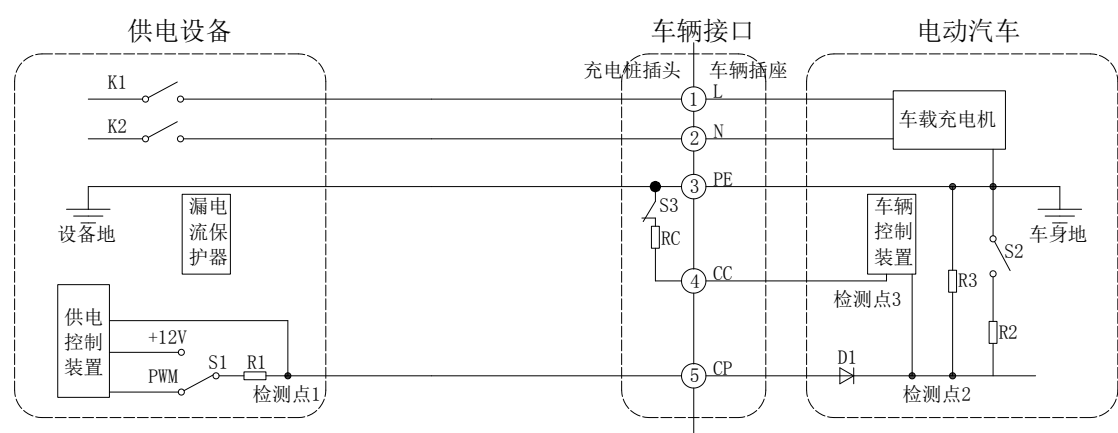


图 3-12 控制导引电路原理图

控制导引电路对电动汽车进行充电时，由上图所示检测点 1 检测 CP 信号，确认电动汽车与智能充电桩是否正确连接。当确认其各项参数正确之后，再由主控板发出控制信号，控制两个交流接触器 K1 和 K2 的开闭状态，通过 K1 和 K2 状态的转变来为电动汽车进行电力补给与中断。如图 3-12 所示不光要检测 CP 信号，同时当电动汽车通过供电接口接入时电动汽车也需要进行自检，若自检成

功，且电池组充电状态正常时，开关 S2 闭合。此时检测点三接到 CC 信号，当 CC、CP 信号全部检测成功后，才能进行之后的充电流程，否则无法充电。车辆的连接状态及 RC 的电阻值见表 3-6 所示。

表 3-6 车辆接口连接状态及 RC 的电阻值

状态	RC(Ω/W)	R4(Ω/W)	S3	车辆接口连接状态及额定电流
状态 A	—	—	—	车辆接口未完全连接
状态 B	—	—	断开	机械锁止装置处于解锁状态
状态 C	1500/0.5	—	闭合	车辆接口已完全连接，充电电缆容量为 10A
状态 C'	1500/0.5	1800/0.5	断开	车辆接口处于半连接状态
状态 D	680/0.5	—	闭合	车辆接口已完全连接，充电电缆容量为 16A
状态 D'	680/0.5	2700/0.5	断开	车辆接口处于半连接状态
状态 E	220/0.5	—	闭合	车辆接口已完全连接，充电电缆容量为 32A
状态 E'	220/0.5	3300/0.5	断开	车辆接口处于半连接状态
状态 F	100/0.5	—	闭合	车辆接口已完全连接，充电电缆容量为 63A
状态 F'	100/0.5	3300/0.5	断开	车辆接口处于半连接状态

电阻 RC、R4 的精度为± 3%

电动汽车内部控制装置不断地通过测量相关检测点的电压值和占空比状态，以此来分别确认当前充电连接装置（专用电缆）的额定容量和当前供电设备的最大供电电流。振荡器电压如图 3-13 所示。占空比与充电电流限值的映射关系见表 3-7 所示。

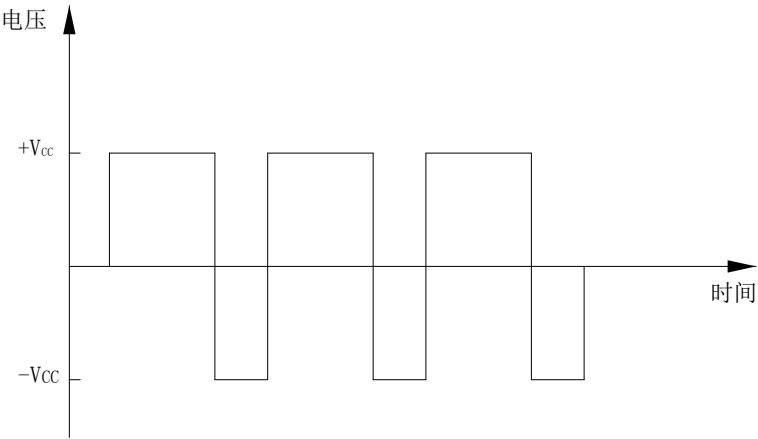


图 3-13 振荡器电压

表 3-7 充电设施产生的占空比与充电电流限值映射关系

PWM 占空比 D	最大充电电流 I_{\max} /A
$D = 0\%$,连续的-12V	充电桩不可用
$D = 5\%$	需要数字通信,同时也需在电能供应之前建立电动汽车和充电桩之间的通信
PWM 占空比 D	最大充电电流 I_{\max} /A
$10\% \leq D \leq 85\%$	$I_{\max} = D \times 100 \times 0.6$
$85\% < D \leq 90\%$	$I_{\max} = (D \times 100 - 64) \times 2.5$ 且 $I_{\max} \leq 63$
$90\% < D \leq 97\%$	预留
$D = 100\%$,连续正电压	不允许

在整个充电过程中,电动汽车内部控制装置不间断地对检测点 3 与 PE 间的电阻值以及检测点 2 处 PWM 信号的占空比进行监测,供电设备(充电桩)的控制装置不间断地对检测点 1 的电压值进行监测^[25-26]。检测点 1 的状态如下表 3-8 所示。

表 3-8 检测点 1 的电压状态

充电过程状态	充电连接装置是否连接	S2	车辆是否可以充电	检测点 1 峰值电压 V	说明
状态 1	否	断开	否	12	车辆接口未完全连接,检测点 2 的电压为 0
状态 2	是	断开	否	9	S1 切换至与 PWM 连接状态,R3 被检测到
状态 3	是	闭合	可	6	车载充电机及供电设备处于正常工作状态

控制导引系统是电动汽车与智能充电桩之间建立联系的桥梁,同时也是保障电力补给能安全高效的送入到电动汽车电池组的接口。因此在控制导引系统电路中各检测点的具体参数也是相对于一个稳定值上下波动的,一旦长时间超过波动范围则必须断开电动汽车与智能充电桩之间的连接。从而保证电动汽车在充电过程中的安全性。

因而，在正常工作状态下的控制导引系统中，各个检测点以及各个元器件所对应的电气参数应该入下表 3-9 所示。

表 3-9 交流充电控制引导电路参数

对象	参数	符号	单位	标称值	最大值	最小值
供 电 设 备	输出高电压	+Vcc	V	12.00	12.60	11.40
	输出低电压	-Vcc	V	-12.00	-11.40	-12.60
	输出频率	f	Hz	1000.00	1030.00	970.00
	输出占空比公差	Dco	—	—	+0.5%	-0.5%
	信号设置时间	Ts	us	n.a.	3	n.a.
	信号上升时间(10%—90%)	Tr	us	n.a.	2	n.a.
	信号下降时间(90%—100%)	Tf	us	n.a.	2	n.a.
	R1 等效电阻	R1	Ω	1000	1030	970
	状态 1（检测点 1 电压）	U1a	V	12	12.8	11.2
	状态 2（检测点 1 电压）	U1b	V	9	9.8	8.2
电 动 汽 车 电 缆	状态 3（检测点 1 电压）	U1c	V	6	6.8	5.2
	容抗	Cs	pF	—	1600	300
	R2 等效电阻	R2	Ω	1300	1339	1261
	R3 等效电阻	R3	Ω	2740	2822	2658
	等效二极管压降	Vd1	V	0.70	0.85	0.55
	输入占空比公差	Dci	—	—	+1.5%	-1.5%
	容抗	Cv	pF	—	2400	—
	容抗	Cc	Pf	—	1500	—

3. 控制导引系统控制电路设计

该电路接收来自主控芯片 LPC1769 发出的信号 PWM_CPU，该信号包含了 PWM 的频率、占空比等信息。经过光耦 U30，信号放大至 0V~12V 的矩形波。由 U29 为核心构成一个比较电路，0V~12V 的矩形波与 6V 进行比较，然后经过 NPN、PNP 组成的电路后，PWMOUT 输出为-12V~12V 的矩形波，频率、占空比同 PWM_CPU。其 PWM 产生子系统电路、PWM 发送子系统电路分别如图 3-14 和图 3-15 所示。

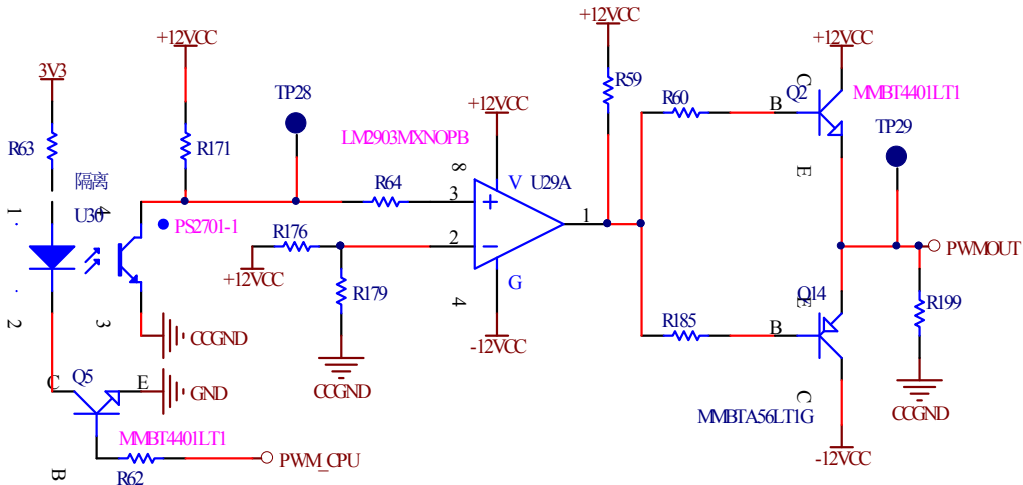


图 3-14 PWM 产生子系统电路

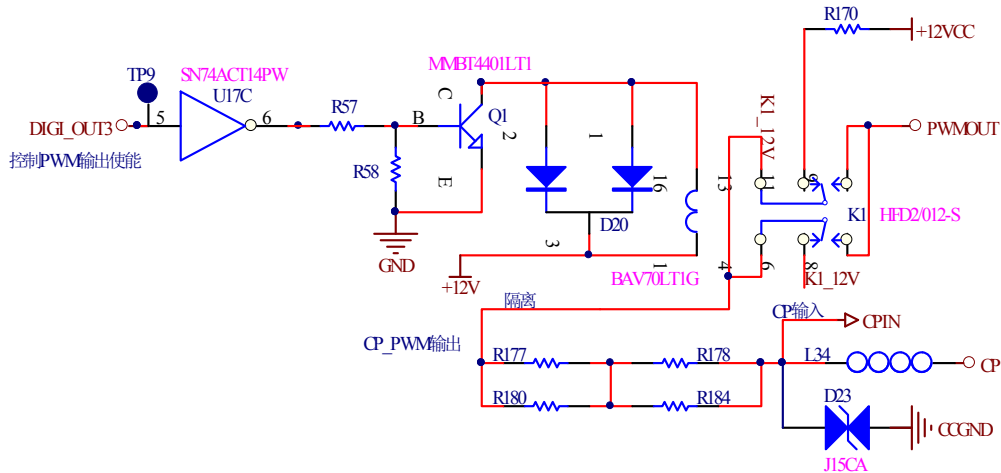


图 3-15 PWM 发送子系统电路

该电路接收来自主控芯片 LPC1769 发出的信号 DIGI_OUT3，控制继电器 K1 的吸合或者断开，来控制发送或者停止发送 PWM。

3.3.2 基于人机工程学的防护单元设计与研究

1. 基于人机工程学设计的防护单元考虑因素

人机工程学的设计在电动汽车智能充电桩产品设计的应用中可概括为：

- ①从操作适应性考虑：研究人体参数，根据人体结构尺度等数据来指导智能充电桩设计；
- ②从环境适应性考虑：把智能充电桩的工作环境作为考虑因素，为其提供设计标准，使产品能更好的融入环境中；
- ③从人的视觉审美性考虑：在适应人的视听能力下，设计满足大部分操作者的价值观念和审美观的桩体^[27]；
- ④从人一机—环境系统考虑：充电桩的各项功能系统都应充分以人的需求为依据。

2. 智能充电桩设计的人体基础尺寸数据研究

成年人的年龄范围界定为：男 18~60 岁；女 18~55 岁。根据统计，我国成年人站立时的人体特征尺寸如表 3-10 所示^[28-32]。

表 3-10 立姿人体尺寸（单位：mm）

项目	男（18~60 岁）					女（18~55 岁）				
	5	10	50	90	95	5	10	50	90	95
2.1 眼高	1471	1495	1568	1643	1664	1317	1388	1454	1522	1541
2.2 肩高	1244	1299	1367	1435	1455	1195	1211	1271	1333	1350
2.3 肘高	925	968	1024	1079	1096	899	913	960	1009	1023
2.4 手功能高	656	693	741	787	801	650	662	704	746	757
2.5 会阴高	701	741	790	840	856	673	686	732	779	792
2.6 胫骨高	394	417	444	472	481	377	384	410	437	444

在本设计中选用第 50 个百分位数的人体特征数据作为设计的基本参考尺寸。站立操作时与人体身高最优操作比例，其具体比例如表 3.11 所示。

表 3-11 工作台面或设备高度与人体身高的比例关系

代号	工作台面或设备高度的定义	工作台面或设备高度与人体身高之比
1	眼睛能够望见设备的高度（上限值）	10/11
2	能够挡住视线的高度	33/34
4	立姿用手能放进和取出物品的台面高度	8/7
5	立姿工作台面高度的上限	9/11
6	立姿工作台面高度的下限	4/9

3. 根据人体特征参数确定防护单元位置尺寸

1) 最小功能尺寸：为了确保实现产品的某项功能而在设计时规定的最小尺寸。

产品最小功能尺寸 = 人体尺寸百分位数 + 功能修正量

(3-1)

2) 最佳功能尺寸：为了方便、舒适的实现产品的某项功能而设定的产品尺寸。

产品最佳功能尺寸 = 人体尺寸百分位数 + 功能修正量 + 心理修正量

(3-2)

$$H_1 = \frac{1568+1454}{2} \times \frac{10}{11} + 25 = 1398.6 \quad (3-3)$$

式中以 50 百分位男、女眼高的均值作为身高基准，再加上人体穿鞋时鞋跟高 25mm 的修正量得到产品的高度尺寸，设计中取整，则高度为 1400。

$$H_2 = \frac{1678+1570}{2} \times \frac{4}{9} + 25 = 746.7 \quad (3-4)$$

$$H_3 = \frac{1024+960}{2} + 25 = 1017 \quad (3-5)$$

上式中 H_1 ：眼睛能够望见设备（上限值）； H_2 ：充电枪拿取最低高度； H_3 ：充电枪拿取最高高度。因此充电枪的拿取高度 h_1 因在 $746.7 \leq h_1 \leq 1017$ 之间。故充电枪口在 850mm，符合 h 的区间范围。其桩体结构图如图 3-17 所示。

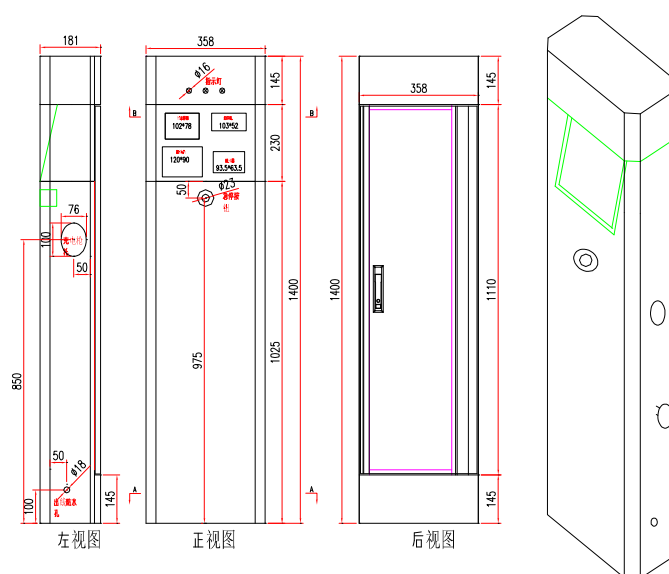


图 3-17 安全防护单元外形设计结构图

在电气防护单元中，智能充电桩在主回路中接入了浪涌保护器、断路器、交流接触器等电气元件使得智能充电桩的安全性得到了更好的保障。电气防护在主回路中的电气原理图如下图 3-18 所示。

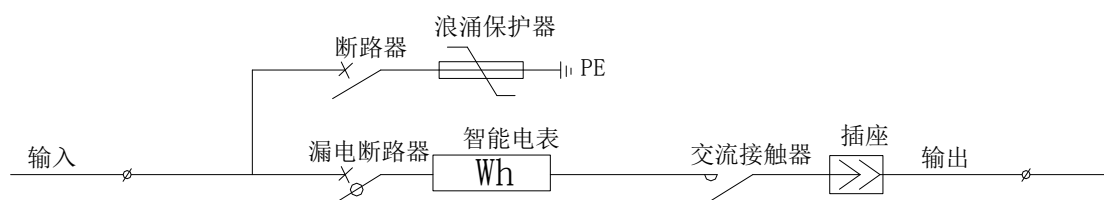


图 3-18 智能充电桩主回路安全防护原理图

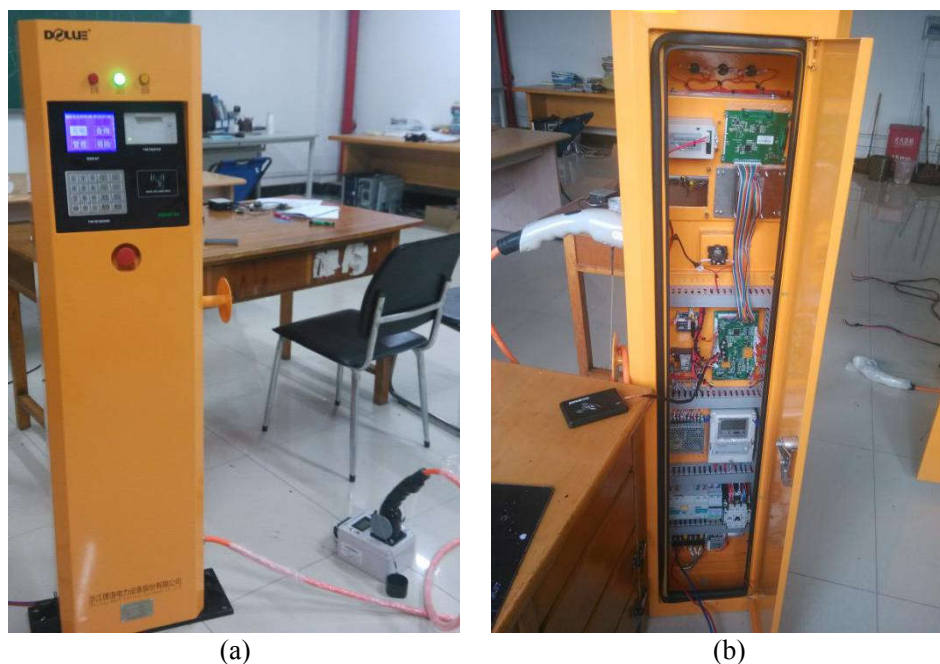


图 3-19 智能充电桩实物图 (a) 及其内部结构 (b)

完成设计后的智能充电桩实物如上图 3-19 所示。在整个智能充电桩可重构模块化设计中主要对主控板设计、外围电器选型、桩体设计等元素进行设计。在桩体内部排线布置完毕之后，各电器模块以及主控板模块可以自由拆换，从而实现充电桩的可重构性，在一定程度上延长智能充电桩的使用寿命。

3.4 智能充电桩功能测试

3.4.1 测试方案

以下测试均先在便携式交流充电桩测试仪上进行，测试通过后进行实车测试。

- (1) 此时供电设备（充电桩）与电动汽车未连接，测量 CP 峰值电压；
- (2) 将充电枪（车辆插头）插入车辆插座；
- (3) 测量 CP 峰值电压；若有 PWM 产生，观察 PWM 占空比、频率、峰峰值；
- (4) 在充电状态下拔出充电枪（车辆插头），观察变化；
- (5) 再次插上充电枪（车辆插头），观察变化；
- (6) 在充电状态下关闭测试仪的 S2 开关，即停止 PWM 交互，观察变化；
- (7) 合上测试仪的 S2 开关，观察变化。

3.4.2 测试条件与测试仪器

测试条件：（1）硬件电路、软件程序已完成；（2）其他配合程序已完成；（3）符合国标设计的电动汽车一辆。

测试仪器：（1）便携式交流充电桩测试仪；（2）模拟示波器；（3）数字万用表。

3.4.3 测试结果与分析

测试结果：



图 3-20 峰值电压 12V 波形图

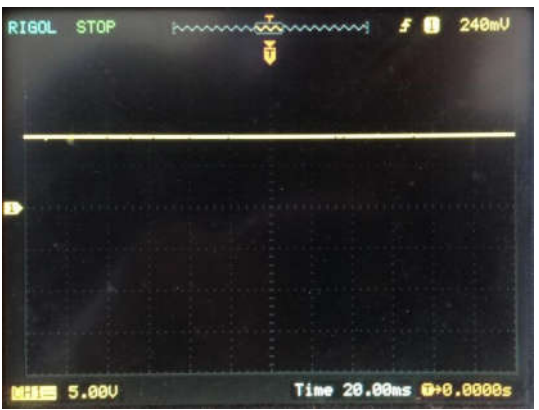


图 3-21 峰值电压 9V 波形图

- （1）供电设备（充电桩）与电动汽车未连接时，CP 峰值电压为 11.98V，如图 3-20；
 - （2）供电设备（充电桩）与电动汽车连接瞬间，CP 峰值电压变为 9.01V，如图 3-21；
- 实车测试与测试仪测试结果相同。

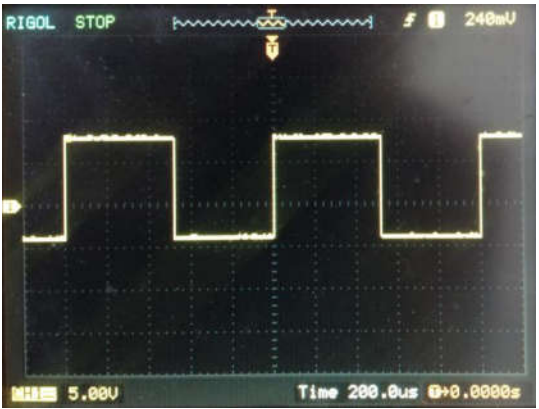


图 3-22 峰值电压 9V PWM 波形图

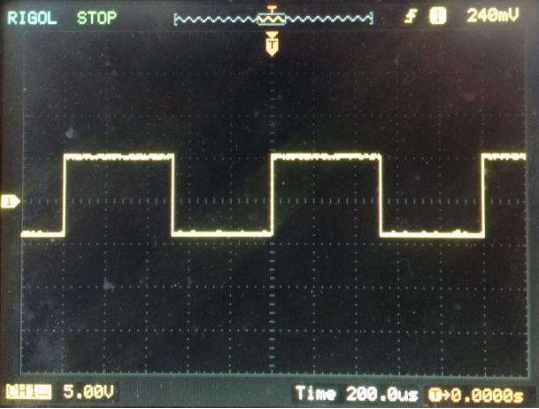


图 3-23 峰值电压 6V PWM 波形图

- (3) 产生 PWM, 峰值 9V, 占空比 52%, 频率 1kHz, 如图 3-22;
- (4) 产生 PWM, 峰值 6V, 占空比 52%, 频率 1kHz, 如图 3-23, 并开始充电;
- (5) 此时拔掉充电枪(车辆插头), CP 峰值电压为 11.99V, 充电停止;
- (6) 再次插上充电枪(车辆插头), 变化同(2)(3)(4);
- (7) 此时关闭测试仪的 S2 开关, 即停止 PWM 交互, CP 峰值电压变为 8.99V, 无 PWM, 充电停止; 合上测试仪的 S2 开关, 变化同(2)(3)(4)。实车测试与测试仪测试结果相同。

测试分析:

- (1) CP 峰值电压为 11.98V (约 12V), 表明供电设备与电动汽车未连接;
- (2) CP 峰值电压为 9.01V (约 9V), 表明供电设备与电动汽车已连接, 但还未握手成功;
- (3) 产生峰值为 9V 的 PWM, 表明供电设备与电动汽车已连接, 正在进行 PWM 交互确认;
- (4) CP 峰值电压为 6V, 表明供电设备与电动汽车已连接, 且握手成功, 进入充电状态;
- (5) 供电设备一旦与电动汽车断开连接, 充电停止;
- (6) 供电设备与电动汽车之间的 PWM 交互一旦停止, 充电也将停止。

根据上述测试数据, 分析各图表、数据, 由此可以得出如下结论:

- (1) 本设计满足正常/非正常条件下充电启动/结束/停止的要求。
- (2) 本设计能提供电动汽车与供电设备正确连接的确认、供电控制、断电控制、充电电流的监测等功能。综上所述, 本设计达到设计要求。

3.5 本章小结

本章以模块化的设计思想对智能充电桩功能结构模块、人机交互模块以及安全防护模块进行设计。首先以模块化的设计思想设计了基于 LPC1769 的智能充电桩主控单元, 然后围绕主控单元及智能充电桩的功能设计了外围硬件电路。然后以基于 RFID 的射频识别技术配合液晶显示及其他交互元件设计了人机交互模块的硬件电路。最后从研究控制导引技术入手设计智能充电桩的安全防护模块, 在桩体设计中采用了基于人机工程学的设计方法。完成了整个智能充电桩的硬件设计部分。

第4章 智能充电桩人机交互界面软件架构及分层设计

4.1 智能充电桩人机交互界面软件构架分层设计

智能充电桩的人机交互界面的软件构架可以分成5层,分别是APP层、BUSS层、COMP层、INFRA层、DRV层。如图4-1所示。

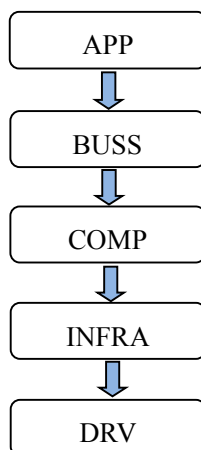


图 4-1 人机交互界面软件构架分层

1. APP 层设计

APP 层是充电桩软件系统的最高层,充电桩软件系统采用 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统,以多线程并存的方式实现桩体的运行。人机界面在 APP 层中主要围绕 task-HMI 线程,当系统运行时,系统周期性调用 BUSS 层的函数,在屏幕上做出相应变化。

人机交互界面的主函数是 TASK_HMI 函数,当充电桩系统完成初始化后, TASK_HMI 被周期性的调用。当其他线程接收到外界的按键信息时,将通过邮箱机制给 HMI 线程传递信息。使得 GOS_WaitForMail 的返回值在有外界按键时始终为 true,根据收到的 KeyMailReceivePtr 变量的值作为参数依次调用画面按键处理函数 bMenuKeyProcess,画面刷新函数 bMenuMonitorDataExchangeProcess,然后调用 GUI 函数根据预设的模板刷新画面。考虑到屏幕并不需要任何时间都保持亮度,于是在函数的末尾加入了超时关闭屏幕背光的功能。每当系统进行一次无按键时的画面处理函数的调用,参数 NoPressKeyTime 加一。当参数值达到预设值的时候进入关闭背光函数的 if 语句。如果此时收到按键参数的值清零,可以进入打开背光函数的对应 if 语句。如图 4-2 为 TASK_HMI 函数的流程图。

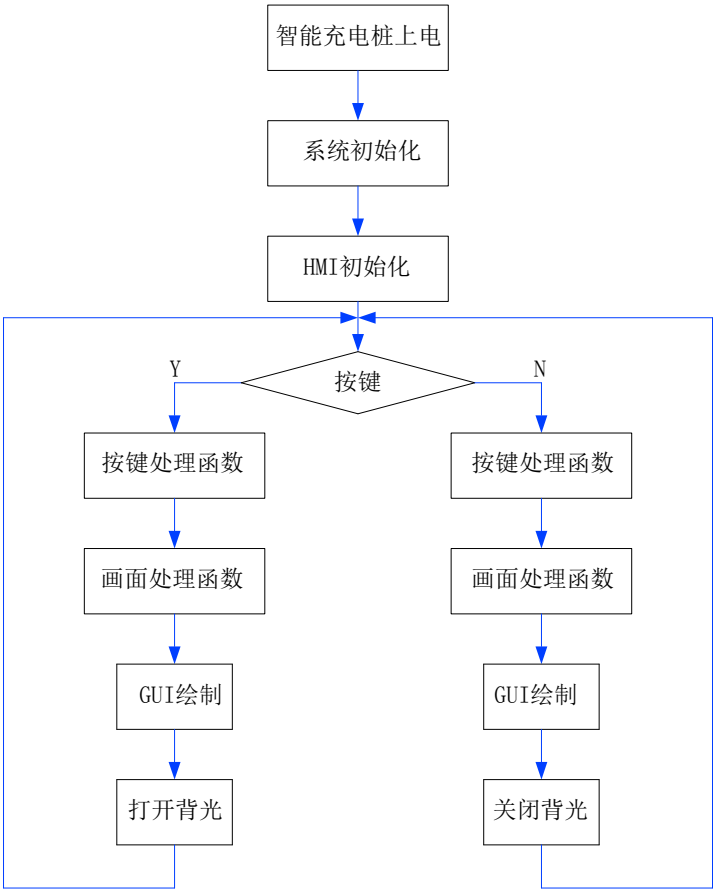


图 4-2 TASK_HMI 函数的流程图

2. BUSS 层设计

BUSS 层是充电桩软件系统的次高层，与人机交互界面相关的是 GHMI 中的程序，以 Menu 文件夹中的 MenuUnity 为中心，调用各个预设画面的处理函数和显示模板，来改变屏幕显示的图案。每个画面包含 5 个处理函数，分别为初始化函数、按键处理函数、数据处理函数、进入前预处理函数、离开的还原函数。

在 BUSS 层充电桩人机交互界面主要由两部分组成，一部分为提供转接函数的 MenuUnity，另一部分为各个画面的类文件。在文件 MenuUnity.c 中通过定义两个静态量分别储存了当前画面和将要切换画面的画面编码值。每当按键按下时，按键总入口函数 bMenuKeyProcess 和画面刷新总入口函数 bMenuMonitorData-ExchangeProcess 被调用。当系统开机时默认调用初始画面的处理函数，当用户操作时根据当前画面的按键处理函数和数据处理函数调用相应的显示函数完成画面的逻辑切换。当画面逻辑切换完成后，再根据相对应的显示模板来控制屏幕

显示。与按键总入口函数一样画面刷新总入口函数在函数的前边部分也调用的当前画面切换函数保障了后半部分被调用的显示函数是来自当前画面的。而每一个画面的类文件结构都是相似的包含了 5 个函数分别是画面信息初始化函数、按键处理函数、显示函数显示、进入前处理函数、离开前处理函数。下图 4-3 介绍了 buss 层人机交互系统的处理流程。当画面需要变化时，进入前处理函数、离开前处理函数在画面的逻辑细化完成之后。

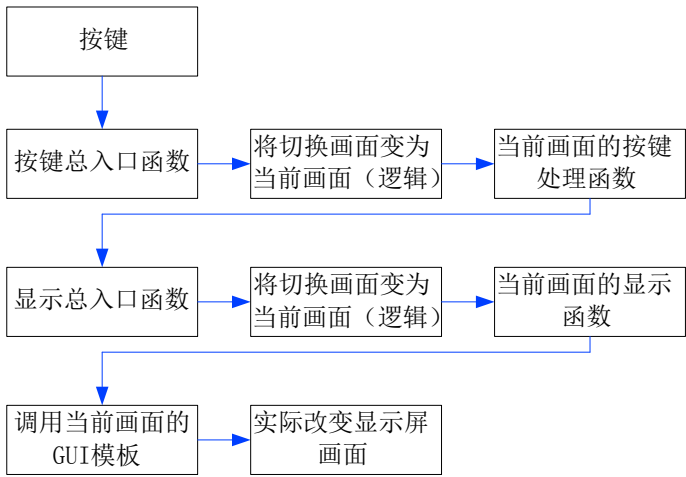


图 4-3 BUSS 层对按键的处理流程

3. COMP 层设计

COMP 层中主要编写了实现对屏幕进行各式操作的功能函数，如初始化，改变对比度，全暗，改变亮度等操作。通过中间函数，连接了 BUSS 层与 INFRA 层，使上层软件编写者、维护这不需要了解下层代码的具体实现过程就可以完成开发维护。COMP 层由面向上层的显示指令函数和不同屏幕各自的指令函数。通过结构体数组 Ass_LCD_Lib[]，实现了上层的显示指令函数回调屏幕显示指令函数。由于采用了结构体数组作为中间步骤，因此 COMP 可以内置多种屏幕的显示指令函数，调用只需要修改 Ass_LCD_Lib[]数组的参数就能够实现兼容不同型号屏幕。屏幕显示指令函数主要包括液晶初始化函数、显示刷新函数——刷新虚拟显存到物理显存、清屏函数(全白)、满屏显示函数(全黑)、背光调节函数、对比度调节函数。

4. INFRA 层设计

INFRA 层包含了屏幕的实际绘制函数，能够通过点、线、面的基本绘制，实现显示汉字，字符以及小图标。由于最初选用的显示屏并不内置字库，因此在 INFRA 层中除了绘制函数还存在多个结构体数组用于存储字模数据和图片数据。其中字模数据通过字模提取程序根据显示需求事先将需要显示的汉字字模提取出来，放在另一个文件里，然后再按照自己的顺序读取字模数据文件。

5. DRV 层设计

设备层包含了所有硬件的驱动程序，如图 4-4。与人机界面相关的有不同型号屏幕各自的驱动程序，uart 的驱动，gpio 接口的驱动等。

每一个架构分层可以调用它的较低层，且能被它的较高层调用，原则上不允许越级调用的情况。以避免过于混乱的软件结构造成系统的难以维护。

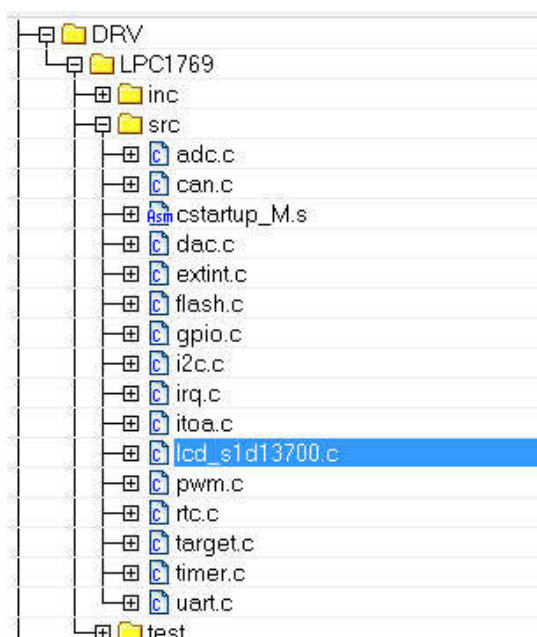


图 4-4 DRV 层包含的驱动程序

与人机界面相关的有不同型号屏幕各自的驱动程序，uart 收发功能的驱动，gpio 端口的配置驱动。屏幕的驱动主要包括指令的写函数、数据的读写函数以及利用读写完成液晶屏配置的屏幕初始化函数。

4.2 智能充电桩人机交互界面设计与应用

人机交互界面是人机交互的用户可见部分，用户通过人机交互界面与计算机相互沟通^[33]。人机交互指用户与系统之间的双向信息交流，描述了人与计算机在外界作用下的关系，如图 4-5 所示。而人机交互界面就是用户与系统之间信息交互的桥梁，是交互的中间过程。

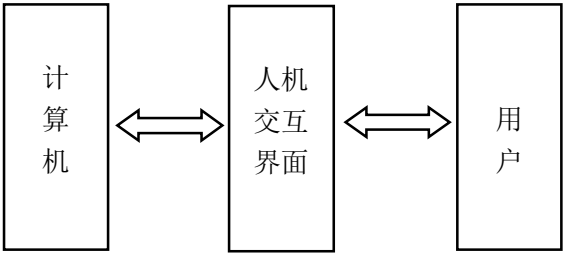


图 4-5 人机交互关系图

4.2.1 智能充电桩人机交互系统原型设计

用户界面原型的建立旨在在实际的设计和开发之前确定系统应具有的功能和可行性。从而在投入巨大的时间、人力资源进行开发之前，确定计划构建的人机交互系统是正确可行的。由此可知，人机交互系统的分析、设计和实现都必须在原型建立后进行^[34-35]。电动汽车充电桩进入充电系统的常用的操作，流程上与原型草图相比较为详细。在交互流程中充分考虑了充电期间可能会遇到的各式情况。譬如选择不同充电方式以及充电途中中断或取消充电的对应流程，充电过程突然中止的应对^[36]。根据上述列举的情况经过了详细的讨论，最终得出了较为具体的交互流程原型流程图如下图 4-6 所示。

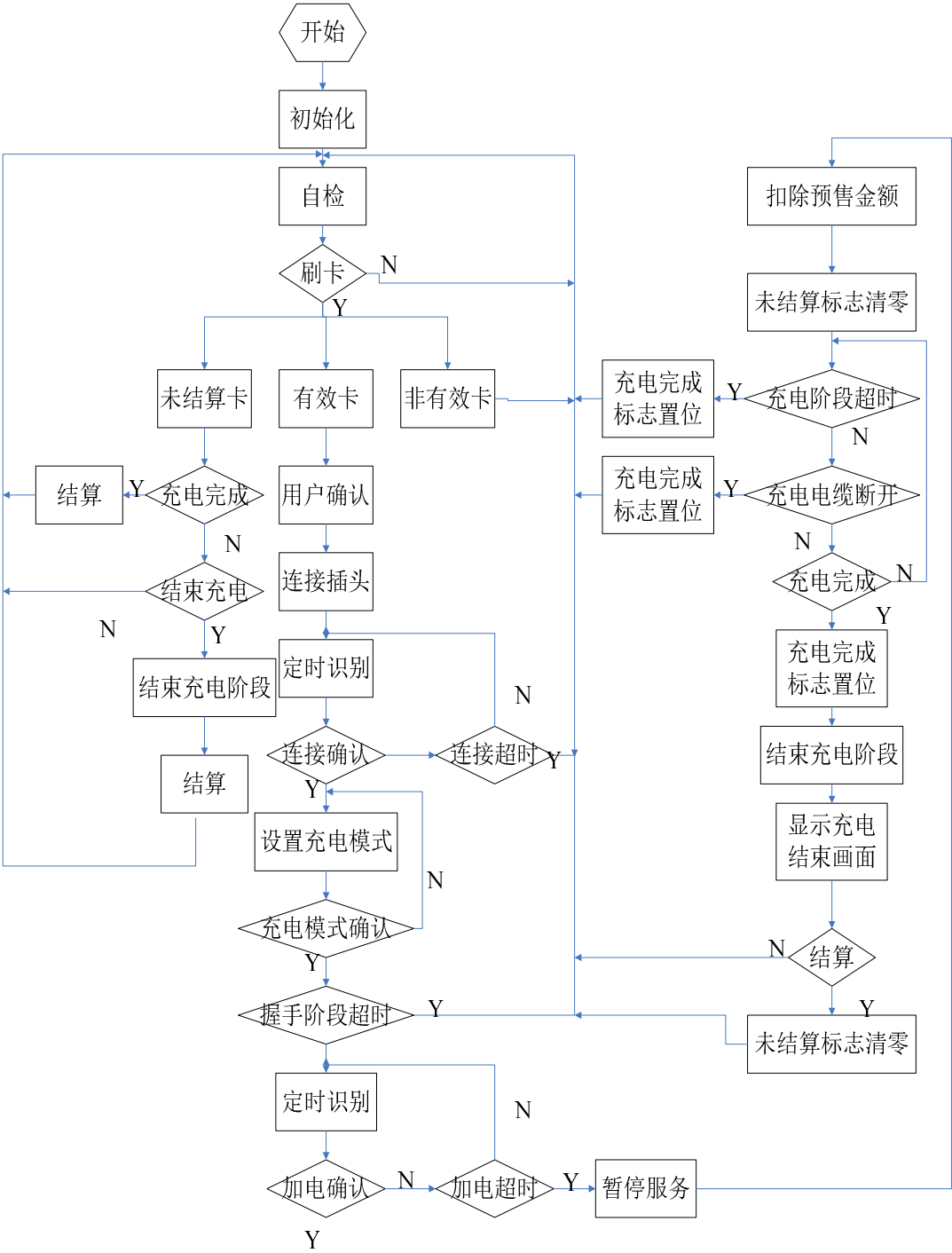


图 4-6 人机交互原型流程图

4.2.2 智能充电桩人机交互界面流程设计

接上电源，于机箱内打开总开关，充电桩启动并开始系统初始化如图 4-7 所示。当充电桩界面切换到正式界面后注意右上角时间，当右上角时间显示如图 4-8 所示时，表示充电桩自检未完成，需要等待至自检完成。

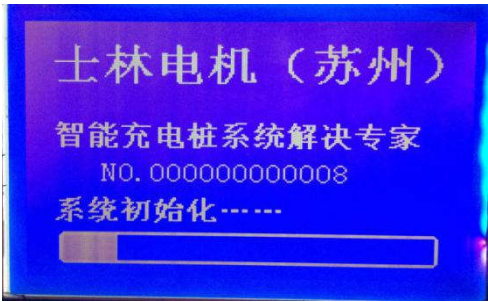


图 4-7 智能充电桩初始化界面



图 4-8 智能充电桩待机界面

当系统时间完成对时工作则说明系统自检完成，可以进行操作。此时光标反选充电，点击确认按键即可进入充电功能如图 4-9 所示。



图 4-9 充电桩模式选择界面

用户可以选择三种模式进行充电分别是自动模式、定费模式、定时模式。当选择好了充电模式以后如果选择自动模式直接进入刷卡环节。采用一个全局变量作为标志位又有效的记录了用户的操作流程，使用户进行了误操作之后能够通过按返回按钮进行后退操作回到之前的画面。当刷卡成功以后刷卡模块的蜂鸣器发出“滴”的声音提示刷卡成功，同时进入输密码环节如下图4-10所示。

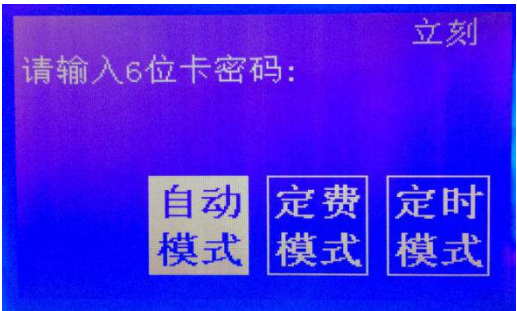


图 4-10 密码输入界面图

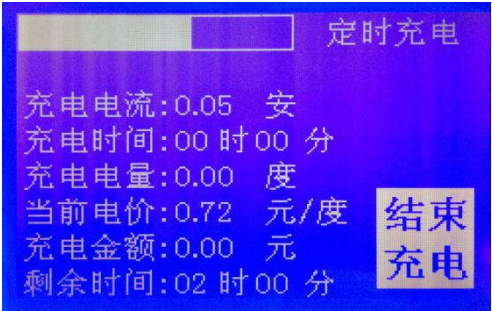


图 4-11 正在充电界面图

此时用户可以通过 4*4 的键盘输入预设的密码，进入充电环节。屏幕画面会变成上图 4-11 所示界面。

当市电不稳定时，当供电电压的波动如果波动幅值不超过标准 220V 交流电的 20%，系统认为处于充电设备正常工作的范围，充电桩正常工作。一旦超出 20%的警戒值，系统将跳转到告警页面，并会根据超出或不足的不同情况在屏幕上显示过压报警或欠压报警。同时桩体上方的充电状态指示灯跳变为黄灯。如果进过一定的时间未回复正常状态，则系统进入过压保护或欠压保护，断开接触器，暂停充电服务。当然考虑到系统的智能性，在保护期间，桩体仍然会对报警值进行检查，如果恢复正常系统将会自动回到充电画面继续充电。点击键盘的确定按键会进入下图 4-12 所示的结束画面。



图 4-12 充电结束界面

进入充电结束画面以后，只需要将之前开始充电服务时所用的卡片放在读卡器上系统充电即可认定完成。此外待机画面还具备了管理功能，移动光标到管理上，点击确定就能够进入管理界面，在输入正确的管理员密码之后进入如图 4-13 所示的管理界面。其交互界面功能以及显示文字如下表 4-1 所示。



图 4-13 管理配置画面

表 4-1 人机交互界面功能及其显示文字

类别	画面名称	功能描述	文字
系统的主界面	待机画面	显示了充电桩 4 类主要的功能	充电、查询、管理、帮助
	模式选择画面	选择充电方式	自动模式、定费模式、定量模式
	刷卡界面	进行刷卡识别用户	请刷卡、密码错误请重新输入 (错误时出现)
充电相关	充电进行界面	显示实时充电数据	充电电流、充电用时、充电电量、 充电单价、本次充电金额以及对 应的实时数据
	报错界面	出现故障时提示用户	告警、告警的原因
	账单界面	显示本次充电服务的相关信息	充电用时、充电金额、充电电量、 询问是否打印小票
	卡片查询界面	用户查询个人账户信息	账户余额
查询相关	当前故障查询界面	实时的故障信息	当前存在的告警、告警的开始时 间
	参数设置界面	费率和管理密码的设置	费率设置、密码设置、恢复出厂 设置
	系统设置界面	设置系统参数	时间、语言、背光时间
	历史记录界面	记录运行期间发生的告警	告警、告警的原因、告警的时间
管理相关	系统诊断界面	测试指示灯、显示屏、矩阵键盘的功能是否完好	LCD 测试, LED 测试, 按键测试
	告警设置界面	设置电流和电压的警戒范围	电压设置、电流设置
	运营中心界面	桩、站的编号信息、网络设置	桩号, 站号, 网关, ip 地址
帮助相关	帮助界面	介绍充电流程	充电服务的使用说明

4.3 本章小结

本章人机交互的思想出发, 结合用户对充电桩的使用需求, 对充电桩的交互界面进行改良, 提高用户的体验、弥补产品人性化设计的不足, 在反复的迭代中设计一款高效、易用的电动车充电装置的人机交互界面。在本章的设计与研究中, 首先对电动汽车智能充电桩的智能人机交互界面软件架构以模块化的设计思想进行了分层式的设计, 在整个软件架构中分为五个层次, 分别是 APP 层、BUSS 层、COMP 层、INFRA 层、DRV 层。然后基于人机工程学的设计思想对智能充电桩进行原型设计, 确定其交互流程。最后再对本章中所设计的智能人机交互界面的显示内容及相关操作流程进行展示与讲解。

第 5 章 智能充电桩集群管理系统通信协议设计

5.1 集群管理系统通信协议总体设计方案

设计本协议是为了便捷方便的管理区域内的充电桩集群。应用层上一致的通信协议，可以更加方便快捷，只需要将所需要上传的数据，根据通信协议进行报文的编写即可。协议分工明确，可操作性强使得报文协议简单明确，数据传输也只需要通过 GPRS 即可远距离传输，对与传输的媒介要求不高。这样通过无线数据以太网的传输，把互联网、GPRS 网络和服务服务器无形中紧密的连接在一起。就可以把各类充电信息传给互联网上的服务器终端。这样就不用考虑距离远近，后台就可以实时进行监控。

5.1.1 集群管理通信协议设计框架

在本设计中也考虑到了可能充电桩（站）分布距离广，监测区域面积大等因素。假设每十台充电桩组成了一个充电站，每一个充电站所有要上传的数据，经由 RS485 兼容串行接口将数据集中在一起。

每个桩都有自己的编号，以浙江省内所有的充电桩的充电管理为例。先从服务器得知当前的充电桩的实际状态（空闲、使用、故障）。其次就是对于充电桩的 ID 进行编码。ID 内容包含：省、市、区、站、序号。同样对于未使用的充电桩也要具体区分充电桩的状态：正常，故障（编码）。对于充电桩的 ID 编码。目前设置编码位数为 12 位，以浙江省为例:NO. 330106010006，其中各的编码规则如如表 5-1 所示。这样每一台充电桩将对应唯一的 ID 编码，可以方便定位管理等操作。

表 5-1 编码示例

ID	省	市	区	站	某台	
	浙江省	杭州市	西湖区	某充电站	第六台	
	33	01	06	01	00	06

每个桩的数据通过基于 MODBUS/TCP 通信协议将数据统一打包发至服务

器。当用户刷卡为其电动汽车充电时，后台服务器就可以及时对其进行实时监控。在与之配套的手机客户端软件，使得用户也是可以通过互联网来下发充电信息给充电桩，便于用户实时关注自己汽车电池设备的情况。设计中的最小的一级即每一台充电桩数据的上传流程如图 5-1 所示。

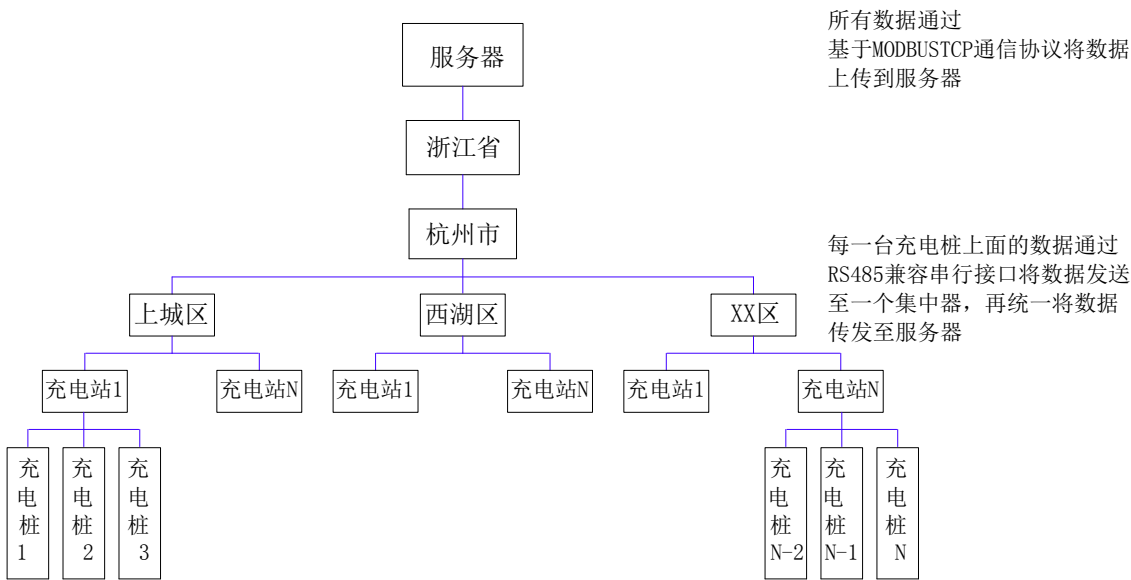


图 5-1 数据上传流程图

所有需要上传的距离较近的数据打包利用基于 MODBUS 的 485 串口通信协议，将打包的数据通过集中器，再利用于 MODBUS/TCP 协议上，基于 104 规约基础之上的系统应用层上设计的通信协议将数据发至服务器。如图 5-2 所示。

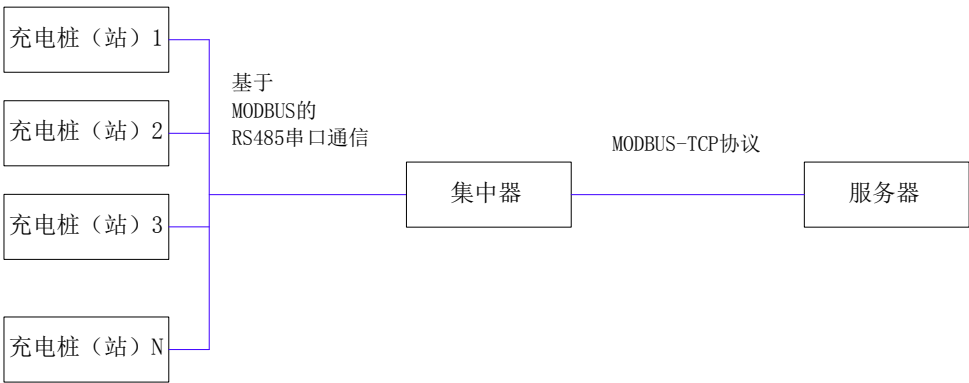


图 5-2 数据上传方式流程图

最左边相当于一个个以站为级别的单位。将数据集中在一起，再通集中器，即通过网间连接器，可以让两个协议完全不同的，数据格式以及语言也完全不同的，哪怕是结构体系也完全不一致的两个系统中，进行互换，就像从一个房间打开一扇门，走进另一个房间。再利用 MODBUS/TCP 协议，将所有打包的数据最终上传至服务器。

5.1.2 智能充电桩应用管理层参照基本协议

1.MODBUS 串口通信介绍

标准的 MODBUS 定义了连接口的针脚、电缆、信号位、传输波特率、奇偶校验，MODBUS 通讯协议所用的是主从方式，即在同一个网络中只有一个主设备，和最多高达 255 台的从设备，编码地址由 1-255 组成的从设备。MODBUS 的通信单位是帧，帧的结构与 RS-232C 帧相同。通讯协议完整的定义了每一帧的含义，集中控制器只需要直接按照协议的解释来对其进行发送帧数据和接受帧数据。这样依靠协议的集中控制器在同一网络中就可以完全的通信^[37-39]。

2. MODBUS/TCP 通信介绍

MODBUS/TCP 是在 TCP/IP 网络协议加上 MODBUS 应用层协议形成的, 数据帧我们称作 ADU(Application Data Unit), 数据帧是由报文头（MBAP Heade）、功能代码（Function Code）、数据参数（Data）组成^[40]。如表 5-2 所示。

表 5-2 MODBUS/TCP 数据帧格式

MODBUS/TCP ADU		
MBAP Header	PDU	
	Function	Data

MBAP Header 数据包头是 MODBUS/TCP 协议的头部，由 7 个字节组成。数据包的头部由传输标志、协议标志、长度域及单元标志组成^[41]。如表 5-3 所示。

表 5-3 MBAP Header 组成格式

传输标志	协议标志	长度域	元标志组
------	------	-----	------

5.2 智能充电桩集群管理系统通信协议设计

5.2.1 集群管理系统通信协议设计结构

本次设计基于 TCP/IP 传输集，应用层数据单元由应用规约控制信息单元（APCI）和应用数据服务单元（ASDU）组成。如表 5-4 所示。

表 5-4 充电桩通信协议结构

应用功能	初始化	用户进程
ASDU（应用规约控制信息）		
APCI（应用规约控制信息）		应用层第七层
传输接口（用户到 TCP 的接口）		
		传输层（第 4 层）
		网络层（第 3 层）
TCP/IP 协议子集（RFC200）		链路层（第 2 层）
		物理层（第 1 层）
注：第 5、6 层未用		

帧的格式分为信息体连续地址和信息体不连续地址，而智能充电桩管理系统中采用的是不连续地址的帧格式。其具体格式如表 5-5 所示。

表 5-5 信息体不连续地址帧格式

APDU	APCI	启动字符 68H	
		报文长度_byte1	
		报文长度_byte2	
		控制域 8 位组_byte1	符合 IEC104 标准
		控制域 8 位组_byte2	
		控制域 8 位组_byte3	
		控制域 8 位组_byte4	
		目标地址_byte1	

表 5-5（续） 信息体不连续地址帧格式

APDU	APCI	目标地址_byte2	00000000（管理服务平台地址）
		目标地址_byte3	
		目标地址_byte4	FFFFFFFF（广播地址）
		原地址_byte1	充电站 ID
		原地址_byte2	
		原地址_byte3	
		原地址_byte4	
		帧类型编号	帧标识
		信息体个数	Bit7=0
	APDU	传输原因_byte1	充电桩 ID
		传输原因_byte2	
		公共地址_byte1	
		公共地址_byte2	
ASDU		信息体 1 地址_byte1	信息体 1
		信息体 1 地址_byte2	
		信息体 1 地址_byte3	
		信息体 1 地址_byte4	
		信息体 n 地址_byte1	信息体 n
		信息体 n 地址_byte2	
		信息体 n 地址_byte3	
		信息体 n 地址_byte4	

上表中所示应用规约数据单元（APDU）由两部分组成，分别为应用规约控制信息单元（APCI）应用数据服务单元（ASDU）是智能充电桩集群管理系统的通信帧单位。其中启动字符由一个字节组成为 0x68，APDU 长度是指整个这一帧所表达的含义的一共字节数。控制域可分为三种帧格式：①I 格式-可以计数的信息传输功能。②S 格式-对可计数功能的确认。③测试启动、停止的测试功能[42-46]。控制域这里根据所表达的内容的类型来使用相应的帧格式。由于本文采

用的是不连续地址，所以在目标地址之后紧接源地址，其格式如表 5-6 所示。

表 5-6 不连续地址的组成

目标地址	源地址	帧类型	信息体个数	传输原因
(4 字节)	(4 字节)	(1 字节)	(1 字节)	(2 字节)

5.2.2 集群管理系统通信协议制定

1. 目标地址和源地址

目标地址在表 5.5 的结构定义中包含两种地址，分别是充电站地址和服务器地址。目标地址设置 4 个字节，最大可表达 4 的 32 次方的个数。这样可以充分表达这个充电站是哪一个省份哪一个城市哪一个区域的充电站。源地址和目标地址含义相同，因为通信协议不是充电桩发给服务器就是服务器发给充电桩。则说明目标地址与源地址是相反的。

2. 帧类型

在信息体不连续地址中，一定要事先确立所发送的这一帧的所想要表达的含义。所以一定要确认这一帧是想上传表达什么内容。如果是充电桩刚被用户刷卡准备充电时，充电桩会主动发送第一帧握手帧给服务器， 双方进行第一次交互。本协议中所涉及的帧类型如表 5-7 所示。

表 5-7 部分帧类型编号

帧类型编号	编码	帧功能	备注
01	0x01	握手帧	—
02	0x02	对时	—
39	0x39	充电桩上传 UID 号、服务器回应卡片信息	读卡信息
40	0x40	服务器发送充电启动指令、充电桩确认	启动帧（确认）
41	0x41	服务器发送充电停止指令、充电桩确认	停止帧（确认）
42	0x42	充电桩开始充电上报、服务器确认	充电开始确认
43	0x43	主动上报充电运行记录	充电数据
44	0x44	充电桩结束充电上报、服务器确认	充电结束数据
46	0x46	主动上传故障	故障上报

3. 信息体个数

信息体的个数由所在报文上传的信息内容决定，例如当该报文发送了当前时间，那么就说明发送了两条信息体，一条是当前时间时刻的信息，另一条是当前年月日的信息，如表 5-8 所示。

表 5-8 信息体示例

类型	发送值	字节	含义
时刻	00 3B 20 0D	4 个字节	13 点 32 分 59 秒
日期	00 10 09 0F	4 个字节	2015 年 9 月 16 日

4. 传输原因

通信协议是基于 IEC104 规约，只需编写其在应用层上部分。根据基本结构，一定要注明传输原因。这样更利于服务器对所上传的报文有更有效的进行分类处理。传输原因由两个字节组成，传输原因如表 5-9 所示。

表 5-9 传输原因

代码	发送值	原因描述
0001	01 00	突发
0002	02 00	周期上传
0003	03 00	激活
0004	04 00	确认
0005	05 00	总召响应

根据上述制定的协议报文编写规则，则可以将需要传输的数据或控制的信息通过报文进行信息交互，从而实现智能充电桩的智能实时监控或移动终端的智能操控等功能，根据以上协议内容编写部分智能充电桩的通信协议如下图 5-3 所示。

第一帧握手帧：充电桩和服务器之间要进行第一次交互。首先，用户刷卡后充电桩会给服务器发送第一握手帧，表明有客户刷卡即将要开始工作，要开始进行对时。传报文后，服务器会回应充电桩一帧，表示允许充电进行时钟同步。

读卡信息：充电桩会主动上传一帧对当前刷卡用户的卡号信息，发送至服务器。服务器接收后会对当前接收的信息进行核对，之后针对上传的报文进行一个确认并发送确认报文给充电桩。

充电开始帧：充电桩根据用户的具体操作，所选择的充电模式进行确定并且对于当前时刻的记录以及相应充电桩的 ID 上传至服务器。服务器接到改报文信息后，会对当前时刻和充电桩做一个记录。并发下一帧确认信息给充电桩，则充电开始。

第一握手帧	(桩一>服) 握手帧		全为S帧发送	目标地址	源地址	帧类型
	68	12 00	01 00 00 00	00 00 00 00	01 00 00 00	01
	启动符	长度18字节	控制域	服务器地址	充电站地址	握手帧
	(服一>桩) 时钟同步					
	68	20 00	01 00 00 00	00 00 00 00	01 00 00 00	02
	启动符	长度32字节	控制域	服务器地址	充电站地址	对时
读卡信息	(桩一>服)					
	68	25 00	01 00 00 00	00 00 00 00	01 00 00 00	39
	启动符	长度37字节	控制域	服务器地址	充电站地址	读卡信息
	(服一>桩)					
	68	21 00	01 00 00 00	00 00 00 00	01 00 00 00	39
	启动符	长度33字节	控制域	服务器地址	充电站地址	读卡信息
充电开始帧	(桩一>服)					
	68	35 00	01 00 00 00	00 00 00 00	01 00 00 00	42
	启动符	长度53字节	控制域	服务器地址	充电站地址	充电开始数据
	(服一>桩)					
	68	12 00	01 00 00 00	00 00 00 00	01 00 00 00	42
	启动符	长度18字节	控制域	服务器地址	充电站地址	充电开始数据

图 5-3 智能充电桩通信协议部分举例

5.3 智能充电桩与服务器通信流程

充电桩随时监测 TCP 连接状态若发现与服务器断开连接，则立即重连服务器（注意：重连后状态与断开前状态保持一致，不再发握手帧）。

对于故障帧的解释：当充电桩出现故障，立即发送故障帧到服务器，每 5 秒一帧，当不再收到故障帧时表明故障解除。如图 5-4 所示。

- 第一阶段：离线阶段
- step1：充电桩上电复位，进入离线状态；
 - step2：充电桩发送握手请求帧到服务器；
 - step3：服务器发送握手应答帧到充电桩；
 - step4：服务器发送总召帧到充电桩；
 - step5：充电桩应答全遥信帧给服务器；
 - step6：充电桩应答全遥测帧给服务器；
 - step7：充电桩进入空闲阶段。

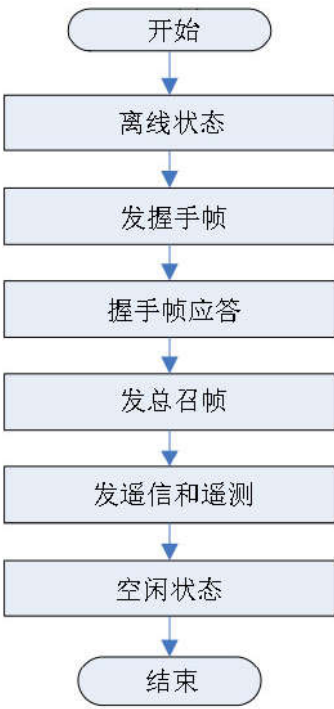


图 5-4 智能充电桩离线阶段流程图

第二阶段：空闲阶段

step1: ①系统没有故障，充电桩周期性发送心跳帧到服务器（不需要应答）（30 秒一帧）；②系统有故障，充电桩立即发送故障帧到服务器（不需要应答）（5 秒一帧）；

step2: 有人来操作，准备充电，则进入充电阶段。如图 5-5 所示

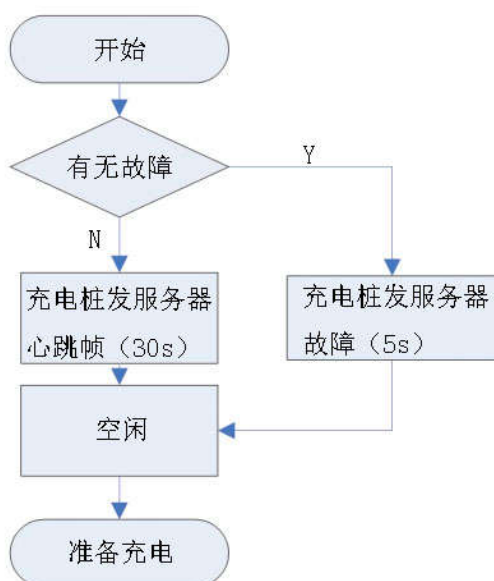


图 5-5 智能充电桩空闲阶段流程图

第三阶段：充电阶段

step1: 充电桩发送 16 字节 UID 号到服务器；

step2: 服务器应答该卡信息给充电桩（卡余额，卡密码）；

step3: 充电桩发送充电开始帧到服务器，接收服务器应答；

step4: 充电桩进入充电阶段周期性发送充电状态信息到服务器（不需要应答 5 秒一帧）；

step5: 充电桩发送充电结束帧到服务器，接收服务器应答；

step6: 充电桩进入空闲阶段。如图 5-6 所示。

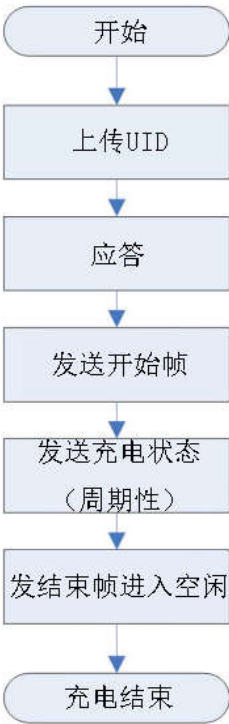


图 5-6 智能充电桩充电阶段流程图

5.4 本章小结

本章中主要设计了基于 IEC104 规约的一份通信协议，使智能充电桩与服务器之间建立起沟联系的桥梁。同时设计了智能充电桩集群管理的方案，使大范围的智能充电桩监控和调度管理更加方便，提高了使用的安全性。

在远距离的数据监控传输中，该协议通过 GPRS 来进行服务器与充电桩之间一次次交互。最终也是通过 GPRS 来建立起网络通信的终端。来确保服务器终端可以实时监控同步监测充电桩的使用情况以及充电桩是否可以正常工作。同时还对智能充电桩与服务器的通信流程做了一个详细的介绍。

第 6 章 基于基尼系数的多桩电力智能分配技术

6.1 多桩电力系统介绍

多桩电力系统的概念是将固定区域范围内的所有智能充电桩与通过智能充电桩接入该区域电网的电动汽车所构成的整体作为一个系统,该系统可以实现区域内智能充电桩的电力分配。多桩电力系统的主要形式有居民区充电站和公共充电站。

居民区充电站:一般分散布置在现代化的居民小区内。通常会在停车位旁边,采用壁挂式或者站立式的安装方式。该类型充电站可以为小区内业主的新能源汽车进行电力补给。其充电负荷特性与居民日常活动规律息息相关,较为稳定^[47-51]。

公共充电站:该类型充电站类似于传统汽车的加油站,通常设置在车流量较高,人口密度相对集中的公共场所。充电方式多样化,可分为快充、慢充和电池更换等三种方式。其充电负荷特性与人流量、车流密度和自身地域因素有很大关联,具有极强的随机性。

多桩电力系统主要是由某个配电区域内的所有智能充电桩和正在进行电力补给的电动汽车组成,如下图 6-1 所示。

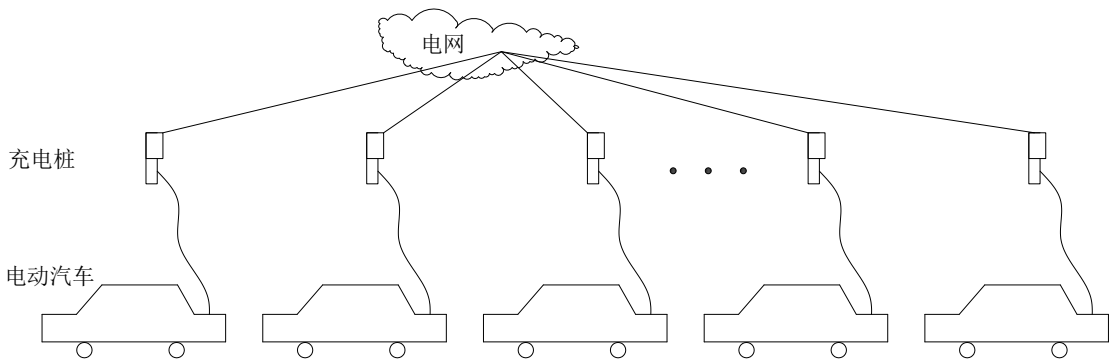


图 6-1 多桩电力系统结构图

多桩电力系统是新能源汽车规模化推广的重要能源保障。其建立的规模和电力分配方法直接影响新能源汽车的实用性。随着新能源汽车的发展,电动汽车的市场保有率将迅速提升。然而大量的电动汽车接入电网对电网有很大的冲击性,

给电网带来大规模的负荷增长。在缺乏充电协调的情况下,将进一步加剧配电网的负荷峰谷差,对配电网的安全运行产生负面影响^[52-54]。而固定区域范围内多桩运行时的电力分配方法也成为了对电动汽车充电管理的基础方式。

6.2 基尼系数在多桩电力分配中的应用

基尼系数(Gini coefficient)是根据洛伦兹曲线、绝对平等曲线和绝对不平等曲线定义的一个比值指标,用于定量分析收入分配的不平等程度。它的作用是评价收入或者是资源分配的公平性。由意大利经济学家科拉多·基尼在1912年参考洛伦兹曲线提出来的^[55-57]。

基尼系数 G 可由式(6-1)计算得到:

$$G = \frac{S_A}{S_A + S_B} \quad (6-1)$$

式(6-1)中: S_A : 称其为非公平域由下图中曲线 OC 与曲线 LC 所围成的面积表示; S_B : 称其为公平域由曲线 LC 与曲线 OXC 所围成的面积表示。其中曲线 OC: 为绝对平等曲线, 曲线 LC: 为洛伦兹曲线。如图 6-2 所示。

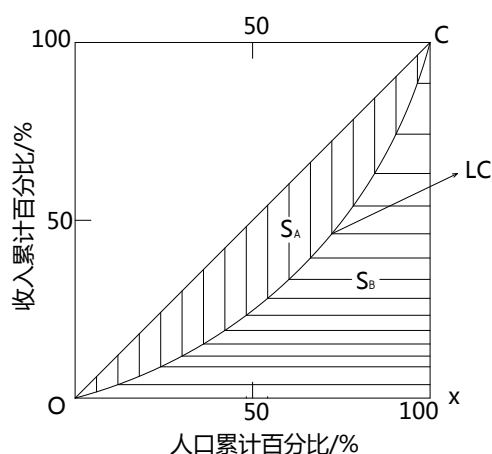


图 6-2 洛伦兹曲线

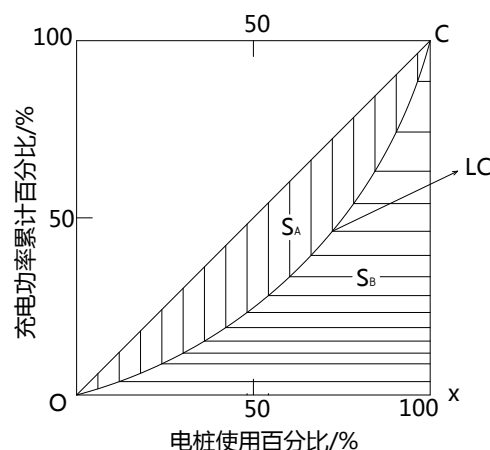


图 6-3 智能充电桩电力分配的洛伦兹曲线

由图可知当非公平域为 0 时, G 为 0, 表示分配完全平等; 当公平域为 0 时, G 为 1, 表示分配绝对不平等。若将洛伦兹曲线应用于智能充电桩多桩电力系统时, 如图 6-3 所示: S_A 为 0 时, G 为 0, 可表示为各充电桩电力分配完全平等; S_B 为 0 时, G 为 1 表示此时电力分配绝对不平等。若多桩电力系统中电力分配越

趋于平等则 LC 的曲率越小，基尼系数也越小；反之电力分配越趋于不平等, LC 的曲率越大, G 也越大。通过基尼系数判定多桩电力系统电力分资源配的公平性，可以更科学更智能的对区域内多桩电力系统进行电力资源调配，使得充电桩的序控制和管理能够有效的实现。

基尼系数是应用于国民收入分配和环境治理领域的一种科学指数。国际上对用基尼系数衡量分配公平程度做了相应的通行规定。其具体规定如表 6-1 所示。

表 6-1 基尼系数公平程度的国际通行规定

基尼系数值	分配情况
低于 0.2	绝对平均
0.2~0.3	比较平均
0.3~0.4	相对合理
0.4~0.5	差距较大
0.5 以上	差距悬殊

由上表可知，基尼指数以 0.4 作为分割线，低于 0.4 时多桩电力系统的电力分配方案相对科学，当高于 0.4 则反映该多桩电力系统的电力分配方案存在不合理，需要对其进行优化。在多桩电力系统的基尼指数评判中可以根据黄金分割律作为评判指标，当该系统的基尼指数值低于 0.382 时则多桩电力系统的分配方案合理。一般发达国家在用基尼系数作为评判指标时，以 0.24 到 0.36 之间作为合理方案^[58]。在多桩电力系统的电力分配中我们也可采用此标准作为判断电力分配的公平性、合理性的标准。

6.3 基于基尼系数的多桩电力分配方法

本节将基尼系数引入电动汽车充电桩多桩同时充电时的电力分配问题中。首先利用熵值法计算出各个指标的分配权重。建立基于多桩电力系统电力分配因素的洛伦兹曲线，再计算该系统中各因素下的基尼指数。最后将各因素指标下的基尼系数进行加权作为目标函数，构建考虑多个约束条件的单目标规划优化模型，通过设定合理的运算规则和采用适当的计算方法，求得基尼系数相对较优的最终多桩电力分配方案。

一定区域内电动汽车同时充电时，其电力分配与电动汽车的电池 SOC、电动汽车的充电方式、电动汽车的充电时段以及同时接入的电动汽车数量等因素有关^[59]。因此解决多桩充电的电力分配问题，需要建立多桩电力系统的数学模型，提出合理的分配方案，并得出最佳的分配结果。

6.3.1 多桩电力分配模型建立

在对多桩电力系统分配进行基于基尼系数的优化时，首先得建立多桩电力系统的电力分配模型，确定其初始电力分配方案。某区域内的多桩电力系统时段内的总输出功率，由接入多桩系统的桩体输出功率和该区域内闲置桩体的待机功率总和构成。则该时段该区域多桩充电系统的总输出功率可表示如下公式：

$$P = \sum_{i=1}^n P_{t_i} \leq P_t \quad (6-2)$$

式（6-2）中： P 为该时段的多桩充电系统的总输出功率， P_{t_i} 为第 i 台充电桩的实时输出功率， P_t 为该时段多桩系统所能提供的最大额定输出功率， n 为该多桩电力分配系统中充电桩的数量。

多桩电力分配初始系数 $S_{init,i}$ ：

$$S_{init,i} = \frac{D_i}{\sum_{i=1}^n D_i} \quad (6-3)$$

$$D_i = R_{soc,i} R_{m,i} R_{n,i} \quad (6-4)$$

考虑主要影响某区域电桩电力分配的因子分别为：电池 SOC 分配比率 $R_{soc,i}$ 、电桩充电方式分配比率 $R_{m,i}$ 、电动汽车同时段接入数量分配比率 $R_{n,i}$ 。以这三个指标来确定某区域定时段区域充电桩电力分配的初始方案。可以确定该时段该区域各充电桩的电力分配系数：

智能分配后各桩实际输出功率 P_i ：

$$P_i = P \cdot S_{init,i} \quad (6-5)$$

6.3.2 基尼系数控制指标及其权重分配

正常情况下，该区域的电力系统能满足一定数量电动汽车接入充电。但接入

车辆过多,或处于该区域居民用电高峰期时,或者电动汽车进入不同充电模式时,多桩系统就需要调整充电桩的充电功率来满足充电的需求,从而就需要考虑各影响因素的供电优先权,从而将该时段的有效功率分配给不同的电桩。

针对区域内多桩电力分配问题,基尼系数影响因素可从下述指标中选取:电动汽车的电池 SOC、电动汽车的充电方式(定时充电、定量充电、自动充电)以及同时接入的电动汽车数量本文采用熵权法确定各指标的权重。

1. 假设 W_i 表示第 i 个充电桩的初始电力分配值; Z_{ij} 表示充电桩 i 的第 j 个影响因素的实际值; 则该电桩的第 j 个指标下的分配功率 P_{ij} 为:

$$P_{ij} = \frac{W_i}{Z_{ij}} \quad (6-6)$$

2. 则第 i 台充电桩在第 j 个影响因素下所占的比重可表示为:

$$C_{ij} = \frac{P_{ij}}{\sum_{i=1}^n P_{ij}} \quad (6-7)$$

3. 则第 j 个影响因素的熵值为:

$$e_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n (C_{ij} \times \ln C_{ij}) \quad (6-8)$$

4. 各影响因素的差异性系数 g_j :

$$g_j = 1 - e_j \quad (6-9)$$

5. 第 j 个影响因素的权重 λ_j :

$$\lambda_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^k g_i} \quad (6-10)$$

式 (6-10) 中 k 表示影响因素的数目即 ($k=1、2、3$)。

则各因素下的基尼系数 G_j :

$$G_j = 1 - \sum_{i=1}^n (x_{i,j} - x_{i-1,j})(y_{i,j} + y_{i-1,j}) \quad (6-11)$$

式 (6-11) 中 j 为基尼系数影响因素的编号; i 为充电桩的编号; G_j 基于 j 影响因素下的基尼系数; x_{ij} 为因素 j 的累积百分比; y_{ij} 为 j 因素下 i 桩的功率累

积百分比。当 $i=1$ 时默认 $x_{i-1,j}=y_{i-1,j}=0$ 。

6.3.3 最优基尼系数优化方法

在上一个小节叙述的方法中可以求出各影响因素下对应的基尼系数。再将式 (6-10) 求得的第 j 个因素的权重 λ_j 与对应影响因素的基尼系数 G_j 进行加权后可以得到在所有指标下的权重基尼系数值 F :

$$F = \sum_{j=1}^k \lambda_j G_j \quad (6-12)$$

在一定条件范围内,可以重新分配权重因子,使所有指标下的权重基尼系数值最小化,则可以得到该状态的最优解。则可以在以最小基尼系数为前提求得各个影响因素基于基尼系数的最佳方案。根据需要目标函数可优化为:

$$f = \min(F) \quad (6-13)$$

但在优化的过程并不是直接求解目标函数的最小值,在优化的同时必须考虑边界条件,这样才可以在一定程度内优化分配效果而不影响各指标的影响程度。这样可以规定如下的约束条件:

1. 调整后各影响应收对应的基尼系数小于或等于调整前的基尼系数,即基于各因素条件下的电力分配公平性不能变差;
2. 单个充电桩电力分配调整幅度限制;
3. 优化后每个基尼系数影响因素的洛伦兹曲线上,各个充电桩电力分配数值大小排序不能发生变化,即各因素下整体的优先等级不发生变化。

这样可以在最大程度上降低电动汽车动力电池组高峰充电时的电池损耗。根据列出的约束条件,可得到如下 4 个条件方程:

1. 多桩充电系统区域内同时段总输出功率波动幅度:

$$a_1 \leq \frac{P' - P}{P'} \leq a_2 \quad (6-14)$$

2. 各控制指标下基尼系数调整后关系:

$$G_j' \leq G_j \quad (6-15)$$

3. 单桩电力分配调整幅度限制:

$$b_1 \leq P_i' - P_i \leq b_2 \quad (6-16)$$

4. 各指标下分配优先等级不发生变化:

$$P_{i-1,j} \leq P_{i,j} \leq P_{i+1,j} \quad (6-17)$$

在初始分配方案确定的情况下, 可根据式 (6-14) 到式 (6-17) 作为约束条件计算出目标函数的优化值, 从而找到最优基尼系数下各影响因素的权重因子, 从而得出一种在充电高峰时以降低电动汽车电池组损耗并相对公平性的多桩电力系统分配方案。

6.4 本章小结

将基尼系数概念引入到对区域内多桩电力分配系统方案的设计中, 建立了基于基尼系数的区域性电力分配优化模型。这种方法以改变初始因素影响因子的权重。从而保障在充电高峰时因电力不足对电动汽车的动力电池组损耗降到最低, 并兼顾了充电高峰时段区域内多桩充电系统电力分配的公平性, 得到的电力分配方案可以统筹兼顾同区域内每个充电中的电动汽车的基本充电电动需求。该分配方法特别适用于居民小区内的多桩充电系统。由于多桩充电系统的电力分配方法还不够完善, 本文为研究多辆电动汽车同时接入同一区域电网时提供了一种电力分配方法。

第 7 章 总结与展望

7.1 全文总结

本文课题背景为某公司“电动汽车充电站控制与管理系统开发”项目。文中对电动汽车智能充电桩进行设计开发并对其相关的关键技术进行研究,本文的主要研究工作内容如下:

1. 根据国家标准对电动汽车智能充电桩进行了可重构模块化设计。其中创新性的将电动汽车智能充电桩按功能结构、人机交互以及安全防护三个模块进行模块化的硬件电路设计。

2. 在标准供电插头的基础上对电动汽车智能充电桩的控制导引系统进行了相关的研究。在充电过程中,电动汽车内部控制装置不断地通过测量相关检测点的电压值和占空比状态,以此来分别确认当前充电连接装置(专用电缆)的额定容量和当前供电设备的最大供电电流。

3. 对电动汽车智能充电桩的人机交互界面软件架构进行分层式设计。智能充电桩的人机交互界面的软件构架可以分成 5 层,分别是 APP 层、BUSS 层、COMP 层、DRV 层。在软件架构完成之后并设计了智能型人机交互系统原型。

4. 基于 MODBUS 的通信协议上设计电动汽车智能充电桩集群管理系统通信协议。将所有需要上传的数据据通信协议进行报文的编写,然后打包利用基于 MODBUS 的 485 串口通信协议,将打包的数据发送至集中器,再利用 MODBUS/TCP 协议基于 104 规约基础之上的系统应用层上设计的通信协议将数据发至服务器。实现对区域内智能充电桩的数据监控以及调度管理。

5. 创新性的将基尼系数应用到多桩电力系统的电力分配中,提出一种基于基尼系数的电动汽车智能充电桩的区域性智能电力分配方法。求取电池 SOC、充电模式、接入数量等主要影响因素下的基尼系数,再将各因素下的基尼系数进行加权并利用熵权法算得一定条件下的最优加权基尼系数,从而确定高峰时段区域性多桩电力系统的电力分配方案。

7.2 工作展望

在目前技术条件和国家政策下,电动汽车智能充电桩能在一定程度可以加快新能源的建设步伐,但面对以后逐渐扩大规模的新能源汽车市场,智能充电桩作为基础设施还有很多需要改进的地方,也会面对更多的问题。其发展的方向也会相对多元化。由于时间关系本论文只完成了智能充电桩的设计与部分关键技术研究,下一步的主要研究方向为以下两点:

1. 私桩入网,电桩共享化:2016年全国公共充电桩从年初的不到5万个增长到年底的15万个,私人充电桩安装比例超过80%,一个拥有私家桩的车主每日对于充电桩的需求仅几个小时,一周的充电次数在两到三次,那么其余时间充电桩处于空置状态。共享充电桩模式就是把闲置的资源对外开放,让更多人能够共享。共享充电桩模式能够缓解充电桩数量不足目造成的充电难问题。

2. 智能充电桩无线充电模式:基于电磁感应设计电磁感应式无线充电电源,电流流过线圈会产生磁场。其他未通电的线圈靠近该磁场就会产生电流。根据电磁感应设计出电磁感应式无线充电桩,不使用电线连接,当电动汽车靠近充电桩时开始从发送端向终端供电。无线充电必然是其中一个热门的研究方向。几个方面还需要继续完善:减少无线充电运营成本、扩大无线充电的距离、完善保护和报警装置。

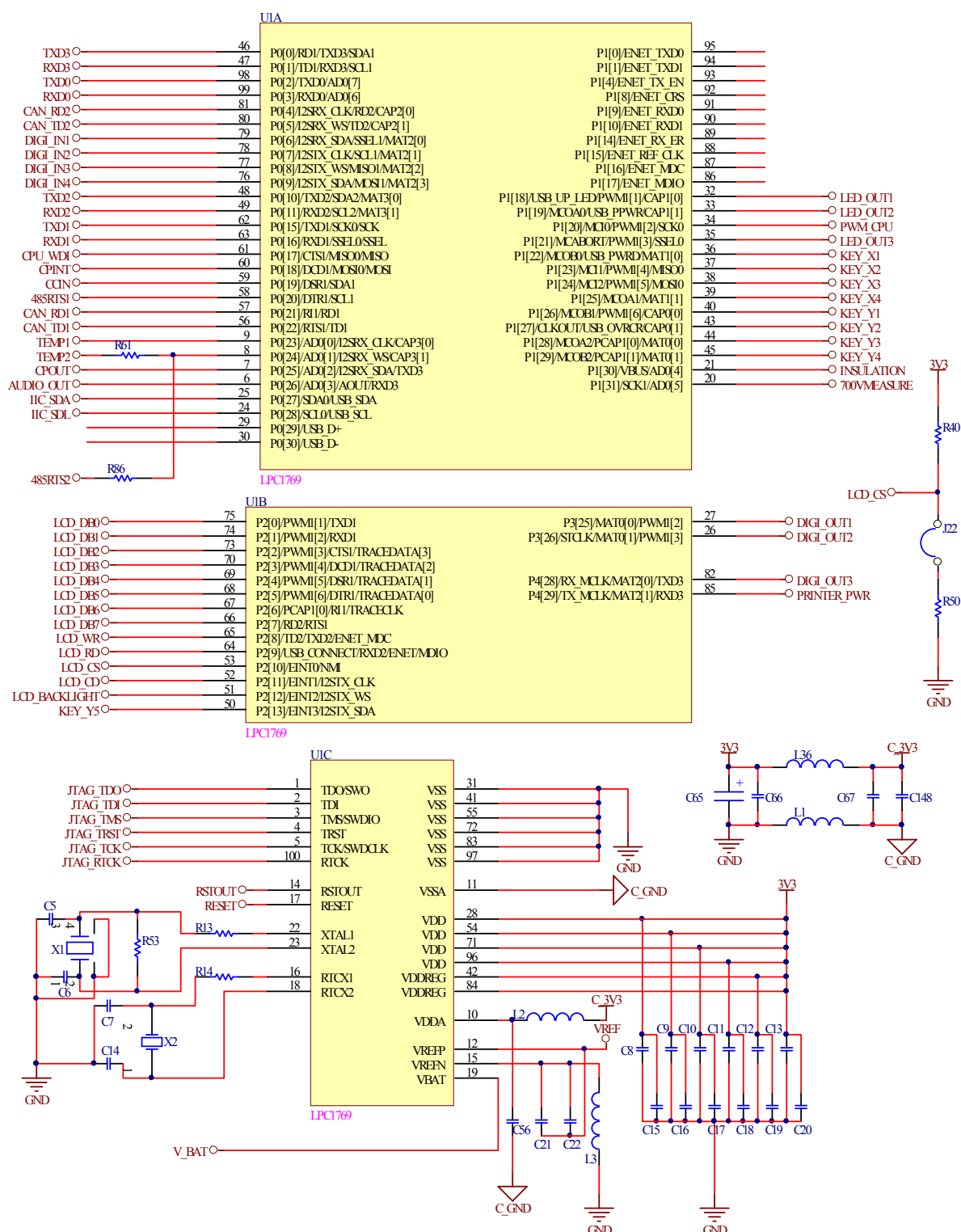
参 考 文 献

- [1] 张月琴.基于电动汽车CAN总线的远程智能终端设计[J].今日电子, 2015,04 :51-54.
- [2] 郭宽友.快充式纯电动客车动力总成匹配设计研究[D].重庆交通大学, 2013.
- [3] 梁少波, 郭书鹏.浅谈电动汽车的发展趋势[J].中国科技纵横, 2012 (24) :58-58.
- [4] 冯超.基于HLCA的电动汽车规模化发展对能耗及环境影响研究[D].中国矿业大学(北京), 2017.
- [5] 程馨.太阳能电动车的趋势分析与设计定位探讨[J].艺术科技, 2014 (7) :133-133.
- [6] I Zengin, JS Vardakas.Analysis and quality of service evaluation of a fast charging station for electric vehicles[J].Energy, 2016 , 112 :669-678.
- [7] 刘鑫爽.电动汽车充电桩的设计及其控制方法研究[D].广西科技大学, 2013.
- [8] Erol-Kantarci, M Sarker, J.H.Mouftah.H.T.Communication-based Plug-In Hybrid Electrical Vehicle load management in the smart grid[C]. 2011 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC). pp.404~409.
- [9] Gan Li, Xiao-Ping Zhang.Modeling of Plug-in Hybrid Electric Vehicle Charging Demand in Probabilistic Power Flow Calculations[C]. IEEE Transactions on Smart Grid, 2012 IEEE. Volume: 3, Issue: 1, pp. 492~499.
- [10] 陈柳钦.美日欧新能源汽车产业发展的政策支持[J].汽车工程师, 2010 (10) :22-25.
- [11] M Usman , L Knapen.Optimal recharging framework and simulation for electric vehicle fleet[J].Future Generation Computer Systems, 2017
- [12] SQ Zhao , ZW Li.The Optimization Model of Planning Electric Vehicle Charging Station[J].Applied Mechanics & Materials, 2014 , 672-674 :1183-1188.
- [13] CE Hatton, SK Beella.Charging Stations for Urban Settings the design of a product platform for electric vehicle infrastructure in Dutch cities[J].World Electric Vehicle Journal, 2009.
- [14] L Gan , U Topcu.Optimal Decentralized Protocol for Electric Vehicle Charging[J].IEEE Transactions on Power Systems, 2013 , 28 (2) :940-951.
- [15] JP Iria , FJ Soares.Development of a novel management system for Electric Vehicle charging[J].Electric Vehicle Conference, 2015 :1-7.
- [16] J Quiros-Tortos , LF Ochoa.Control of EV Charging Points for Thermal and Voltage Management of LV Networks[J].IEEE Transactions on Power Systems, 2016 , 31 (4) :3028-3039.
- [17] R Jiang , R Lu.A Secure Communication Protocol with Privacy-Preserving Monitoring and Controllable Link ability for V2G[J].IEEE International Conference on Data Science in Cyberspace, 2017 :567-572.

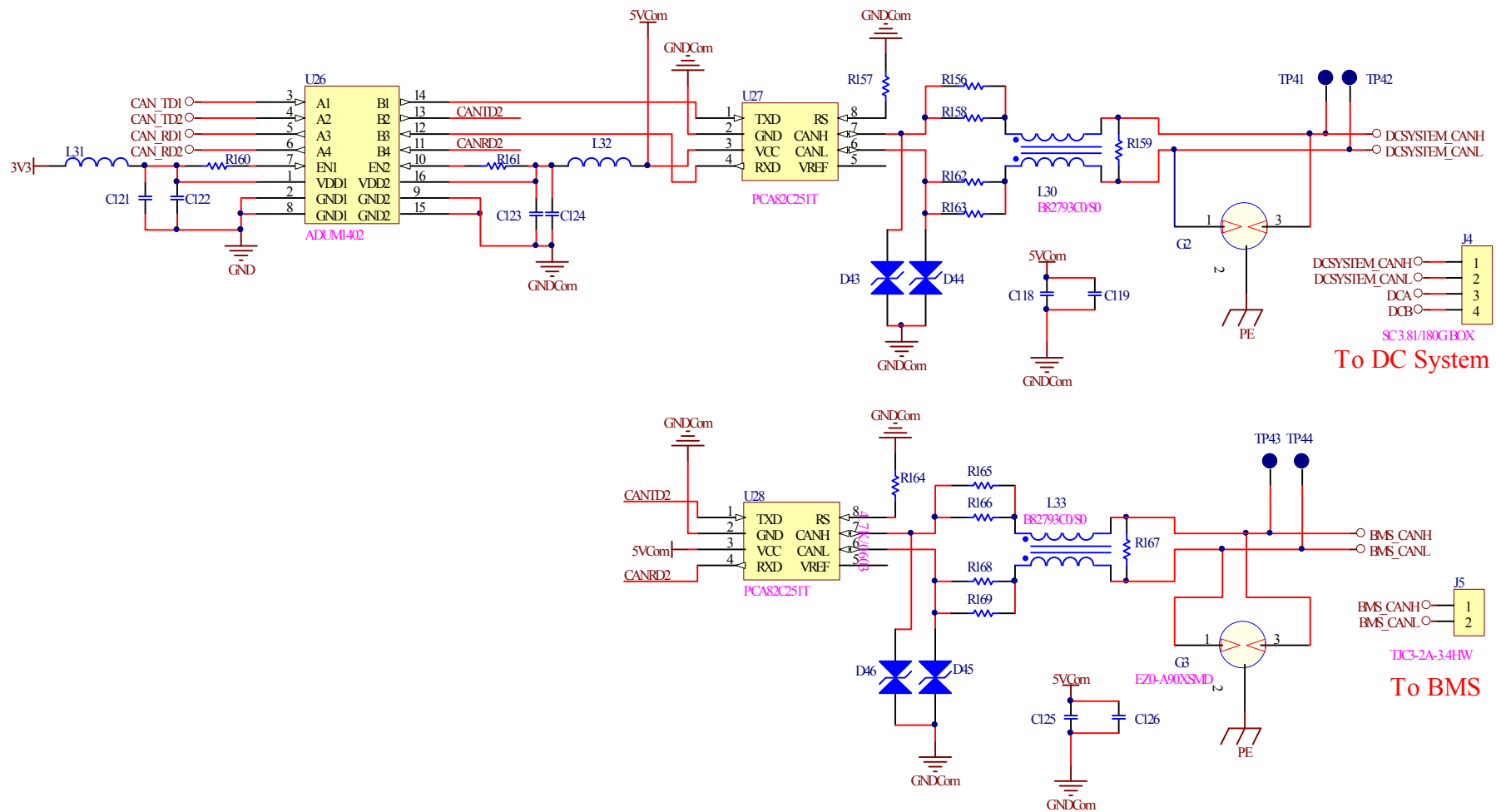
- [18] 刘英男.基于GPRS电动汽车充电桩控制系统研究[D].西安工业大学, 2014.
- [19] 党杰, 汤奕, 宁佳.基于用户意愿和出行规律的电动汽车充电符合分配策略[J].电力系统保护与控制, 2015 (16) :8-15.
- [20] 王宇.电动汽车充电站监控管理系统设计与实现[D].北京工业大学, 2015.
- [21] 李锦塘.电动汽车V2G充电站充放电控制策略与谐波特性研究[D].哈尔滨工业大学, 2015.
- [22] 曹元威.电动汽车直流充电桩控制系统设计[J].工程技术, 2016 (8) :00002-00002
- [23] 王悦宇.电动汽车无线充电系统的研究与设计[D].天津理工大学, 2016.
- [24] 刘师.我国新能源汽车产业发展现状与新趋势分析[J].中国高新技术企业, 2016 (22) :3-4.
- [25] 马河祥.电动汽车交流充电控制技术研究[D].南京理工大学, 2012.
- [26] 杨海英, 赵安国, 周华良, 夏雨, 丁志刚.一种交流便携式电动汽车充电箱的系统设计[J].电子技术应用, 2014 , 40 (2) :65-67
- [27] 和雅.电动汽车充电桩设计研究[D].南昌大学, 2012.
- [28] 温佩芝, 马超, 胡俊榕, 李丽芳.基于国家标准的三维扫描人体尺寸提取技术[J].计算机工程与科学, 2014 , 36 (6) :1114-1119
- [29] 毛恩荣, 张红, 宋正河.车辆人机工程学[M].北京: 北京理工大学出版社, 2007, 1-216
- [30] 李园.基于观者位移产生的动态错觉在视觉传达设计中的应用[D].浙江理工大学, 2013.
- [31] 陈菲菲.基于视觉舒适度评价的天然光环境优化设计研究[D].重庆大学, 2015.
- [32] 苗楠.人机交互在单人电动汽车中控区外观设计研究[D].河北工业大学, 2013.
- [33] 杨明朗, 王红.人机交互界面设计中的感性分析[J].包装工程. 2007 , 28 (11) :11-13.
- [34] 温超, 袁金云, 王冬青.交流充电桩中触摸屏与PLC的通信研究[J].青岛大学学报, 2015 , 30 (3) :64-69.
- [35] M Vivek.Design of human machine interface for PLC based automation system[J]. Management & Control of Production & Logistics , 2007 , 40 (18) :343-346.
- [36] 王婷婷.电动车充电装置的人机交互设计研究[D].东华大学, 2012.
- [37] 朱小襄.ModBus通信协议及编程[J].信息化研究.2005 , 31 (7) :42-44.
- [38] C Liu, Q Zhou, J Hu, H Xu, H Zhang.Modelling and Simulation of centralized electric vehicle charging station wireless communication networks[J].Procedia Engineering. 2012 , 31 : (4)746-750
- [39] 杜航.电动汽车充电安全分析与解决方案[J].科技展望, 2017 (26).
- [40] 白焰, 钟艳辉, 秦宇飞.基于VC的Modbus协议通信测试软件的实现—Modbus串口通信与Modbus/TCP通信[J].现代电力科技展望, 2008 , 25 (6) :76-80
- [41] MR Caldieri, JA Bigheti, EP Godoy.Implementation and Evaluation of Wireless Networked Control Systems using Modbus[J].IEEE Latin America Transactions.2017 , 15 (2) :206-212
- [42] 叶冠南.基于GPRS的智能充电桩数据管理系统的设计与实现[D].浙江工业大学, 2014.

- [43] 杜发辉, 汪永寿. 基于通信基站的电动汽车充电桩供电模型研究[J]. 移动通信 2016 (1):73-79
- [44] 刘永相, 侯兴哲, 周孔均, 郑可, 惠富会. 电动汽车交流充电桩集群监控系统设计[J]. 测控技术, 2012, 31 (6):103-106.
- [45] 杨晓东, 张有兵, 赵波等. 考虑规划需求的EV充电桩集群管理系统通信方式综合评价[J]. 电力系统自动化, 2015, 39 (24):63-71.
- [46] 戴双飞. 基于数字控制的电动汽车直流充电桩系统的设计与实现[D]. 南京理工大学, 2014.
- [47] 杨波, 陈卫, 文明浩, 陈学有. 电动汽车充电站的概率负荷建模[J]. 电力系统自动化, 2014, 38 (16):67-73.
- [48] 陈卫, 杨波等. 计及电动汽车充电站接入的配电网承载能力评估与优化[J]. 电工技术学报, 2014, 29 (8):27-35.
- [49] 陈文. 电动汽车参与电力系统调频控制策略研究[D]. 华北电力大学(北京), 2016.
- [50] 郑丹. 电动汽车对电力系统的影响以及交互作用研究[D]. 华南理工大学, 2013.
- [51] 吴铁洲, 蒋小维, 张琪等. 实时电价下电动汽车充电调度优化方法研究[J]. 武汉理工大学学报, 2016, 38 (4):81-85.
- [52] 徐智威, 胡泽春, 宋永华等. 基于动态分时电价的电动汽车充电站有序充电策略[J]. 中国电机工程学报, 2014, 34 (22):3638-3646.
- [53] 康海云, 詹厚剑, 苏毅. 智能电网背景下电动汽车并网的作用分析[J]. 广西电力, 2014, 37 (4):11-14.
- [54] 郑竞宏, 戴梦婷, 张曼等. 住宅区式电动汽车充电站负荷集聚特性及其建模[J]. 中国电机工程学报, 2012, 32 (22):32-38.
- [55] 戴俊良, 王鹏, 王轩等. 基于基尼系数的电力调度公平性指标探讨[J]. 电力系统自动化, 2008, 32 (2):26-29.
- [56] 梁纪尧, 宋青梅. 基尼系数估算方法述评及科学估算方法的选择[J]. 山东财政学院学报, 2007 (1):58-61.
- [57] PA Rogerson. The Gini coefficient of inequality: a new interpretation[J]. Letters in Spatial & Resource Sciences, 2013, 6 (3):109-120.
- [58] 张富强, 罗慧, 刘梅招等. 基于基尼系数的电力网络投资分配模型及应用[J]. 电力建设, 2016, 37 (1):9-14.
- [59] HX Chen, ZZ Liu, H Zeng. Study on High Efficient Electric Vehicle Wireless Charging System[J]. Iop Conference Series: Earth & Environmental Science, 2016, 40 (1):012009.

附录



附图 1 LPC1769 原理图



附图 2 CAN 总线接口电路原理图

致 谢

在这硕士研究生涯末尾，无数的碎片如倦鸟归巢一般涌入我的脑海，慢慢汇聚成一帧一帧的画面，循环播放着这三年来的五味陈杂。最后所有的印记都卷入记忆的胶片存入时间的长廊。在论文完成之际，我由衷的感谢所有在这条成长之路上为我点亮一盏盏明灯的人，是他们的支持与关心才让我能耐得住寂寞完成自己的求学之路。

首先，我想感谢我的导师吴瑞明副教授，这三年来，吴副教授以他渊博的知识，严谨的治学态度，脚踏实地的作风和平易近人的人格魅力深深的影响着我。在读研的三年里吴副教授不仅是授人以渔的老师更是无微不至的知心朋友，从学术到生活吴副教授都耐心的指导着我。特别是本次论文，从题目的拟定到一次次的改稿老师都倾注了大量的心力。在此，我向我的导师吴瑞明副教授表示深深的感谢和祝福！

同样本论文的完成也离不开实验室的各位老师和同学以及朋友们提供的帮助。在此我要感谢陈才老师在本次论文中为我提供了莫大的帮助，以及实验室的朋友谢天昊、苏嫒等小伙伴们为我提供的资料与建议，感谢浙江德洛电力设备股份有限公司让我加入电动汽车智能充电桩的研发当中，谢谢你们为我提供的帮助与支持。是你们在生活上对我的爱护、包容和互助，让我更加深切体会了科研的精髓和意义，在这里我倍感珍惜。

最后，我想感谢我的家人特别是我的父母，谢谢你们在我成长的路上一路默默的为我付出，因为你们的支持我才能走得更远。

攻读学位期间参加的科研项目和成果

一、参加的科研项目

- [1] 电动汽车充电站控制与管理系统开发（项目编号：20150063），参与.
- [2] 轿车中高端轮毂轴承单元产品开发（项目编号：20140080），参与.
- [3] 杭州市校企合作“双赢”机制实施对策研究（项目编号：20140834M47），参与.
- [4] 《数控技术（双语教学版）》“十三五”普通教育本科规划教材编写，参与.

二、专利

- [1] 王飞，吴瑞明，王黎航，等. 一种小型农用拾掇小车：中国实用新型专利，ZL 201620588908.3（已授权）.
- [2] 方海龙，贾继涛，王飞. 一种涡轮增压器废气旁通阀执行机构：中国实用新型专利，ZL 201621233383.8（已授权）.
- [3] 方海龙，贾继涛，王飞. 一种可伸缩式汽车转向柱：中国实用新型专利，ZL 2201621336679.2（已授权）.

三、论文

- [1] 王飞，吴瑞明. 智能化充电桩模块化设计及实现：科技创新导报，20171121-876（已录用）.