

# 电动汽车太阳能充电站的智能控制系统研究

王旭琴, 王海玲, 李 宁

吕梁学院数学系, 山西 吕梁

Email: xuqin.wang@163.com

收稿日期: 2021年3月22日; 录用日期: 2021年4月7日; 发布日期: 2021年6月23日

## 摘 要

能源危机、环境污染等问题是人类发展面临的巨大挑战, 因此电动汽车产业成为汽车工业转型的主要战略取向。光伏发电技术的日趋成熟, 使得太阳能充电站的建设成为发展趋势。文章论述了太阳能光伏发电技术和国内外电动汽车的发展概况, 分析了太阳能充电站的系统工作原理, 研究了智能化控制结构和智能监控系统, 得出了基于太阳能与交流电网协同充电、V2G、MPPT、负荷控制、虚拟发电、QR二维码等技术, 并具有标准化、快速化、智能化、集成化和便捷化等特点的太阳能充电站智能控制系统。

## 关键词

光伏发电, 电动汽车, 太阳能充电站, 智能控制

# Research on Intelligent Control System of Solar Charging Station for Electric Vehicles

Xuqin Wang, Hailin Wang, Ning Li

Department of Mathematics, Lvliang University, Lvliang Shanxi

Email: xuqin.wang@163.com

Received: Mar. 22<sup>nd</sup>, 2021; accepted: Apr. 7<sup>th</sup>, 2021; published: Jun. 23<sup>rd</sup>, 2021

## Abstract

Energy crisis, environmental pollution and other issues are huge challenges facing human development. Therefore, the electric vehicle industry has become the main strategic orientation for the transformation of the automotive industry. The maturity of photovoltaic power generation technology has made the construction of solar charging stations a development trend. The article discusses the development of solar photovoltaic power generation technology and electric vehicles at home and abroad, analyzes the system working principle of solar charging stations, studies intel-

elligent control structures and intelligent monitoring systems, and draws conclusions based on solar energy and AC grid coordinated charging, V2G, MPPT, load control, virtual power generation, QR code and other technologies, and the intelligent control system of solar charging stations with the characteristics of standardization, rapidity, intelligence, integration and convenience.

## Keywords

Photovoltaic Power Generation, Electric Vehicles, Solar Charging Stations, Intelligent Control

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

能源枯竭、环境恶化是人类发展进程中面临的严峻问题，政府对新能源产业的大力扶持推动了电动汽车产业的迅猛发展，然而充电基础设施建设的滞后又影响了电动汽车的进一步发展。2015 年国家发改委、国家能源局等四部委发布的《电动汽车充电基础设施发展指南(2015~2020)》指出，到 2020 年，新增集中式交换电站超过 1.2 万座，分散式充电桩超过 480 万个，以满足全国 500 万辆电动汽车的充电需求[1]。太阳能光伏技术的发展使得太阳能充电站的建设成为现实。太阳能充电站智能控制系统的研究将具有提高充电站工作效率的现实意义。

## 2. 太阳能光伏发电技术的发展与趋势

太阳能光伏发电技术即利用半导体器件的光伏效应原理把太阳辐射能转换成电能。20 世纪 50 年代，太阳能利用领域出现了两项重大突破：一是 1954 年美国贝尔实验室研制出 6% 的实用型单晶硅电池；二是 1955 年以色列研制成功选择性太阳吸收涂层[2]。这两项突破是能源技术变革的基础。

近年来，光伏产业一直是全世界增长速度最快且最稳定的产业之一，到本世纪中叶，光伏发电将成为人类的基础能源之一。随着太阳能组件成本的大幅度降低，光伏产业将向更大规模和更高技术水平发展。薄膜电池技术将获得重大突破，实现光伏发电与常规发电相竞争的目标。并网光伏建筑集成的快速发展标志着人类社会向可持续发展的能源体系过渡。建立空间太阳能光伏电站成为人类的梦想。

## 3. 国内外电动汽车的市场现状及发展瓶颈

面对能源和资源短缺问题，世界主要国家都制定了电动汽车中长期发展战略。目前，“低排放”汽车技术最为成熟，已进入快速增长期；“零排放”汽车也逐渐走上产业化；燃料电池汽车在经济和技术方面仍存在诸多瓶颈，其大规模推广还存在相当大的距离[3]。

近年来，我国电动车的产量和销售量都有了巨大飞跃。2012 年 7 月，国务院发布的《节能与电动汽车产业发展规划》中指出以纯电驱动为电动汽车产业发展和汽车工业转型的主要战略取向[3]。政府出台了一系列政策来带动电动汽车销量的大幅度增长。但是，基础设施建设缓慢；核心技术较差；产业链较分散；企业创新性不强；产品市场认可度较低等问题限制了我国电动汽车产业的发展。

随着新能源汽车的不断普及，电动汽车充电装置的需求越来越大，电能补充是否及时，直接影响到电动车的使用效果和发展前景，这就需要有效、合理的充电站的建设。

## 4. 太阳能充电站系统

目前我国正处在充电站基础建设的高峰期[4], 但国内大部分充电站均采用国家电网作为电力来源, 这不仅需要城市配电网的大力支持, 而且存在区域限制和环境污染, 从而制约了电动汽车的发展市场。为此, 利用光伏发电技术, 以及太阳能供电为主, 交流电网供电为辅的协同充电技术, 结合先进智能控制技术和网络监控服务策略, 建立一种节能、低碳、绿色的充电站系统, 以实现为电动汽车便捷、稳定、智能充电的目的。

### 4.1. 系统原理

太阳能充电站系统由光伏组件方阵、直流配电设备、储能蓄电池组、充电站智能控制系统、充电接口和电网接口等组成[5], 其结构如图 1 所示。

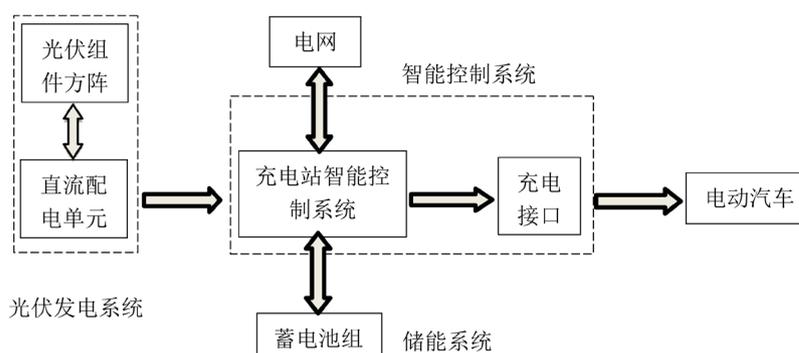


Figure 1. System structure diagram of solar charging station  
图 1. 太阳能充电站系统结构图

充电站智能控制系统一般由充放电模块、双向逆变模块、计量检测模块、综合控制模块组成[5], 为了依据变压器容量动态且实时调整各装置的输出功率, 从而最大限度减少用户的充电时间, 在智能控制系统中增加负荷控制模块, 系统内部结构图和工作原理图如图 2 所示。

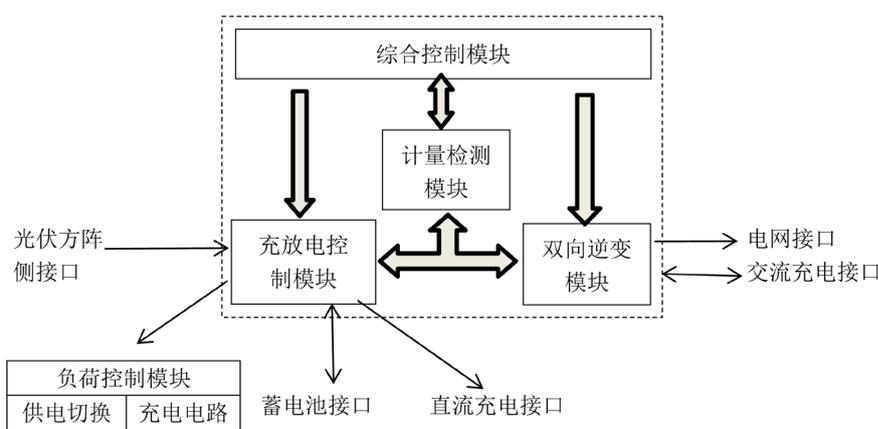


Figure 2. Schematic diagram of intelligent control system of solar charging station  
图 2. 太阳能充电站智能控制系统原理图

在光照充足时, 光伏组件方阵发电经直流配电单元汇合后, 通过智能控制系统中的充放电控制模块

为蓄电池组储能,利用 V2G 技术,通过双向逆变模块连接充电接口为电动汽车充电。同时,多余电量通过并网方式送入电网。太阳能电池 MPPT (最大功率点跟踪)技术保证了太阳能电池在外界环境条件变化下能够实现最大功率输出,从而提高发电系统的效率。

在光照不足时,电网通过智能控制系统为电动车充电,同时通过双向逆变模块为蓄电池组储能,这样就能够有效保证充电站的持续稳定运行。

负荷控制装置以变压器作为监测对象,装在变压器柜内,实时监测变压器运行状况,通过负荷控制技术,动态决策负荷调整方案,闲时满功率充电,超负荷时限制功率输出,确保变压器不超负荷运行。同时,智能控制系统与充电站建立通信,可以实时获取充电站内充电桩的运行情况,且将负荷控制命令下发至相应的充电桩。

## 4.2. 充电方式

目前,电动汽车主要有恒压恒流充电、直流快速充电和更换电池组件三种充电方式。

恒压恒流充电是用 220 V 或 380 V 的交流电来给电动汽车充电,电流较低(约为 15 A),虽然安全性较高,但是充电时间过长,不能满足车辆的紧急需求。

直流快速充电又称应急充电,以较大电流(一般 150 A~400 A)对电动汽车提供短时间充电,可满足紧急需求。但是充电效率较低,且对充电安全性要求也高。

直接更换电池组件,并以充满电的同类型电池组件取代。这种方式可提高车辆使用率,并给用户带来方便,同时也可利用低谷时段充电来降低充电成本,但是对电池组件的标准化、电动汽车的改进设计以及充电站建设的标准化都提出了较高要求。

在本系统中,将三种充电模式有机结合,以满足电动汽车的实际充电需求。

## 4.3. 系统特点

### (1) 标准化

为了满足不同电池的充电需求,本系统具备多种类型蓄电池的充电控制算法,并且对各类电动汽车充电接口、充电规范和接口协议等进行标准化设置。

### (2) 快速化

传统铅酸类蓄电池技术虽已成熟,但仍存在电能量低且一次充电后续驶里程短的问题。本系统提供直流快充和快速更换电池等服务,能够保证电动汽车充电的快速化和行驶的持续性。

### (3) 智能化

智能化包括供配电智能化、充放电智能化和检测计量智能化[4]。供配电智能化能实现光伏系统、储能系统和常规电网的智能调节,同时起到并网调峰作用。充放电智能化可监控电池的充放电过程,并对电池故障进行自动诊断和维护。检测计量智能化可自动检测电池类型和充电量,为系统提供精确数据和判断依据。此外,利用虚拟发电技术[1],用户可通过智能终端实现对充电状态的管理和控制,合理调控电动汽车的充放电行为,进一步完善和优化主动配电网。

### (4) 集成化

电动汽车能量管理系统和太阳能充电系统集为一体,可实现小体积、高集成化的充电方案,为电动汽车节约空间,降低成本,优化充电效果并延长电池寿命提供保障。

### (5) 便捷化

用户在充电类型选择、充电量查询、充电费用查询、联网信息查询、单据打印等操作时,可通过液晶触摸屏进行,实现便捷化和人性化。

#### 4.4. 智能监控

太阳能充电站智能化和自动化系统的核心是监控系统，它由五部分组成，分别是充电监控系统、配电监控系统、安防监控系统、通信管理系统和溯源管理系统。

##### (1) 充电监控系统

充电监控系统可实时采集充电站的模拟量和状态量，比如电流、电压值，急停状态、跳合闸状态和充电连接状态等，同时有欠压、过压和过负荷等保护功能。

##### (2) 配电监控系统

配电监控系统包括测控和保护两方面，通过通信管理机与监控后台通信，实时监视站内供电系统设备的运行情况，从而实现数据的双向交互。

##### (3) 安防监控系统

安防监控系统完成充电站的视频监控，以及门禁和周边安全的监控，通过后台监控系统获取配电系统监控及充电设施的相关警告信息，用以完成视频联动监控[6]。

##### (4) 通信管理系统

通信管理系统是充电站监控系统的通信核心，负责充电站监控各系统之间的数据交换，向安防系统发送报警信号实现视频监控的联动。

##### (5) 溯源管理系统

利用 QR 二维码[7]信息技术，将设备管理中的故障详情和维修状态进行网络化和痕迹化，实现设备质量安全的可追溯化管理，达到信息可查询、责任可追究的管理目的。

#### 5. 结束语

电动汽车是未来新能源汽车的主要发展方向，而建立环保、通用、智能、便捷的太阳能充电站则是电动汽车产业发展的基础和保障。本文在现有电动汽车充电站和智能控制系统的基础上，对太阳能充电站智能控制系统进行了研究，结合太阳能与交流电网协同充电、V2G、MPPT、负荷控制、虚拟发电、QR 二维码等先进技术，充分实现了太阳能充电站的标准化、快速化、智能化、集成化和便捷化，为电动汽车充电体系和电网企业提供了建设思路和理论基础。

#### 基金项目

山西省面上青年基金项目(201901D211449)，大学生创新创业训练项目(202010812009)，吕梁学院教学改革项目(JXGG201920)。

#### 参考文献

- [1] 王梦蔚, 晏阳. 主动配电网中电动汽车充电站智能管理控制系统设计[J]. 电工电气, 2017(7): 62-66.
- [2] 赵玉文. 太阳能利用的发展概况和未来趋势[J]. 中国电力, 2003(9): 68-74.
- [3] 刘卓然, 陈健, 林凯, 赵英杰, 许海平. 国内外电动汽车发展现状与趋势[J]. 电力建设, 2015, 36(7): 25-32.
- [4] 许晓月, 苏的妮, 张文. 一种太阳能光伏充电桩的设计研究[J]. 决策探索(中), 2020(9): 70.
- [5] 鲍仁强. 一种新型太阳能充电站设计[J]. 通信电源技术, 2012, 29(6): 55-56, 74.
- [6] 申超群, 王晓侃, 孙忠良. 电动汽车充电站智能监控系统研究与设计[J]. 华东电力, 2011, 39(6): 1000-1003.
- [7] 邢毓华, 胡词焯, 程绍谦. 无人值守太阳能充电站设备管理系统的设计[J]. 计算机测量与控制, 2019, 27(8): 188-192, 197.