

电动汽车充换电设施典型设计方案研究

许庆强¹, 寇英刚¹, 马建伟², 闫安心³, 江明¹

(1. 江苏省电力公司, 江苏 南京 210024; 2. 国家电网公司, 北京 100031;
3. 江苏省电力设计院, 江苏 南京 211102)

摘要: 为规范充换电设施建设规模和站体布置, 研究了电动汽车充换电设施标准化问题, 提出了典型设计方案。阐述了典型设计方案编制原则, 给出了服务对象具体参数和典型设计方案分类, 举例对充电站典型设计方案进行分析研究, 包括总平面布置、充电设备、供配电系统、二次系统、土建、消防等内容, 并从电池架充电、分箱充电机选型及组柜、换电设备设计、换电监控、电池检测维护等五方面详细阐述换电系统设计方案。提供了所有典型设计方案的配置情况。该典型设计方案可用于统一设备类别和选型, 有效控制充换电设施工程造价, 也为后续充换电设施运行维护取费标准做好准备, 已成功用于指导国家电网公司系统各单位编制充换电设施项目建设方案。
关键词: 电动汽车; 充电站; 充电机; 换电站; 典型设计

Research on typical design scheme of charging/battery swap infrastructure for electric vehicle

XU Qingqiang¹, KOU Yinggang¹, MA Jianwei², YAN Anxin³, JIANG Ming¹

(1. Jiangsu Electric Power Company, Nanjing 210024, China; 2. State Grid Corporation of China, Beijing 100031, China;
3. Jiangsu Electric Power Design Institute, Nanjing 211102, China)

Abstract: For limiting the construction scale and the layout of charging/battery swap infrastructure, standardization schemes of electric vehicle charging/battery swap infrastructure are researched, and then typical design schemes are raised. Firstly, the typical design scheme compiling principle is described, and specific parameters of serviced electric vehicle and the classification of typical design scheme are provided. On the basis, a typical scheme, including general layout, charging equipment, power supply and distribution system, second order system, civil engineering, fire control, etc., is used as an example for detailedly researching and analyzing the typical design schemes. The design scheme of battery swap system is elaborated in detail, in which charging battery frame, box charger selection and set cabinet, design of battery swap device, battery swap monitoring, battery detection and maintenance are involved. At last, the configuration of typical design schemes is provided. The proposed typical design schemes can be used for unifying the category and selection of equipment and determining the operation and maintenance costs of the charging/battery swap infrastructure, which play an important role in preparing the charging/battery swap infrastructure scheme for all the provinces within the range of State Grid of Corporation of China.

Key words: electric vehicle; charging station; charge pile; battery swapping station; typical design

中图分类号: U492.11 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2015)13-0118-07

0 引言

与石油、天然气、煤炭相比, 电能属于二次能源, 具有绿色环保、来源广泛、传输方便等优点, 因此, 电动汽车成为我国研究和开发新能源汽车的主流选择。另外, 电动汽车是解决环境、能源、发展问题的重要技术之一, 推广应用电动汽车对于减少石油对外依赖, 保障国家能源安全, 实现经济社

会可持续发展具有重要意义^[1]。

充换电设施作为电动汽车能源补给的基础设施, 是直接影响电动汽车推广应用效果的关键因素之一^[2]。布局合理的充换电服务网络, 可以有效弥补动力电池性能差异带来续航能力不足的问题^[3-4]。文献[5-8]给出了电动汽车充电设施接入对电网影响的研究, 文献[9-12]对电动汽车智能、有序充电策略进行了分析探讨, 文献[13-18]研究了

充换电设施的优化布局, 充电负荷分配和充电调度。充换电设施的规范性、标准性和经济性决定了充换电设施的服务能力、服务效率和投入产出回报率, 因此, 开展充换电设施典型方案研究具有明显的实用意义。

论文在给出典型方案编制原则的基础上, 研究了电动汽车充换电设施建设的标准化问题, 并以某个充电站方案为例详细介绍了典型设计方案具体内容, 深入阐述了换电系统设计方案, 并提供了所有典型设计方案的配置情况。

1 典型设计方案编制原则

电动汽车充换电设施的建设遵循“统一标准、统一规范、统一标识、安全可靠、经济实用、按需建设”的原则, 采用统一的技术标准和规程规范, 归并设备选型和材料参数, 以完全满足标准化建设的需要。

典型设计方案的服务对象、电池容量、最大续航里程见表 1。通过大量调查研究和广泛搜资, 并总结国内充换电设施的成功建设经验和典型运行案例, 开展充换电设施典型设计方案的具体编制工作, 据此编制 10 种典型方案见表 2, 表中 1 桩 1 充指的是 1 台充电桩只带 1 个充电插头, 1 桩 2 充指的是 1 台充电桩带有 2 个充电插头。

表 1 服务车辆情况

Table 1 Situation of serviced vehicles

服务对象	电池容量	最大续航里程
电动公交车	300 Ah	120 km
小型电动乘用车	60 Ah	100 km

表 2 典型设计方案分类

Table 2 Classification of classic scheme

方案编号	充换电设备设计规模	服务对象
CDZ-A-1	5 台 100 kW 一体式充电桩, 1 桩 2 充	纯电动公交车
CDZ-A-2	20 台 100 kW 一体式充电桩, 1 桩 2 充	
CDZ-A-3	20 台 100 kW 分体式充电桩, 1 桩 2 充	
CDZ-B-1	50 台 7 kW 交流充电桩和 5 台 40 kW 一体式直流充电桩, 1 桩 1 充	小型纯电动乘用车
CDZ-B-2	30 台 7 kW 交流充电桩和 30 台 40 kW 一体式直流充电桩, 1 桩 1 充	
CDZ-B-3	30 台 7 kW 交流充电桩和 30 台 40 kW 分体式直流充电桩, 1 桩 1 充	
HDZ-A-1	1 套电池箱更换设备	纯电动公交车
HDZ-A-2	并行布置 2 套电池箱更换设备	
HDZ-A-3	并行布置 4 套电池箱更换设备	
HDZ-A-4	串并行布置 6 套电池箱更换设备	

下面以 CDZ-A-1 为例对充电站典型设计方案

进行分析研究, 并详细阐述换电系统设计思路。

2 充电站典型设计方案

2.1 总平面布置

方案 CDZ-A-1 包括站内建筑物、充电车位、箱式变压器等功能区域, 站内建筑物主要为监控室。总平面布置见图 1。

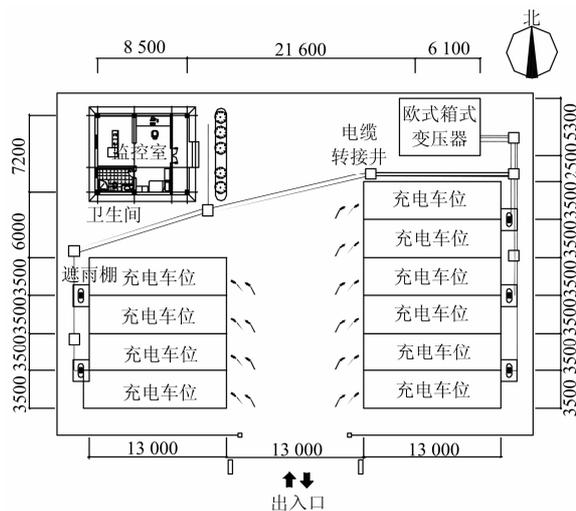


图 1 总平面布置图

Fig. 1 General arrangement plan

2.2 充电设备

选用 100 kW 一体式直流充电桩, 1 桩 2 充, 共 5 台, 均采用落地式安装方式。

2.3 供电系统

2.3.1 供电系统

采用 1 回 10 kV 进线就近接入充电站, 电缆型号采用 ZC-YJV22-8.7/15-3×70 mm²。

站内 5 台一体式直流充电桩的容量为

$$S_{\text{充电}} = K \times \frac{P}{\cos\varphi \times \eta} \times n$$

式中: K 为同时系数, 取 0.65; P 为充电桩的输出功率; η 为充电桩工作效率, 一般取 0.9; n 为充电桩数量; $\cos\varphi$ 为功率因数, 按规范要求应达到 0.9 以上, 设计方案中取 0.92。

$$S_{\text{充电}} = 0.65 \times 100 \times 5 \div 0.92 \div 0.9 = 392.5 \text{ kVA}$$

监控、照明、空调和办公等负荷共 21 kW, 配置系数取 0.8, 所需容量 $S_{\text{负荷}} = 0.8 \times 21 = 16.8 \text{ kVA}$ 。

变压器最佳负载率取 0.8, 所需变压器总容量为: $S_{\Sigma} = (392.5 + 16.8) \div 0.8 = 513 \text{ kVA}$, 为此, 设计方案中配置 1 台 630 kVA 欧式箱式变压器。

每台一体式直流充电桩自带 APF 单元, 补偿后功率因数应达到 0.9 以上。

2.3.2 电气接线方案

10 kV、0.4 kV 侧均采用单母线接线，采用中性点直接接地运行方式。

2.3.3 短路电流控制水平及主要设备选型

10 kV、380 V 短路电流水平分别按 25 kA、50 kA 考虑。选用箱式变压器，接线组别为 Dyn11，阻抗电压 4.5%，变比 $10\pm 2\times 2.5\%/0.4$ kV；10 kV 进线采用负荷开关配合熔断器；低压侧采用框架、塑壳断路器。箱式变压器至一体式直流充电机采用 ZC-VV22-0.6/1.0-3×70+2×35 mm² 电缆。

2.3.4 防雷接线

在建筑物楼顶埋设避雷带，用以防止直击雷。屋顶避雷带的敷设采用 $\Phi 12$ 圆钢在屋面组成不大于 10 m×10 m 或 12 m×8 m 的网格，并用 -50×6 扁钢沿墙或柱多点引下，间距不大于 18 m。

主接地网以水平接地体为主，辅以垂直接地体，水平接地体采用 -50×6 热镀锌扁钢，垂直接地体采用 63×6 等边角钢。全站接地电阻应不大于 4 Ω。低压配电采用 TN-S 系统，电气设备所有不带电的金属外壳均应可靠接地。

2.4 二次系统

2.4.1 监控系统

(1) 监控系统组成结构

站内监控系统由站控层、间隔层构成。其中站控层部署相关服务器和工作站，负责数据处理、存储、监视与控制等；间隔层部署具备测控功能的相关设备，负责数据采集、转发，响应站控层指令。配置网络设备负责间隔层与站控层之间的可靠通信。监控系统方案配置图见图 2。

之间采用高压侧计量，在 10 kV 进线侧配置高压关口表。充电设施和电动汽车之间采用交流侧计量，在一体式直流充电机交流输入侧配置智能电表。

(2) 监控系统设备组屏和布置方案

站控层设备的 1 台数据服务器和 1 台通讯前置机布置于监控室的服务器柜内，1 台工作站和 1 台打印机布置于监控室内。

间隔层设备中，用于充电监控的测控装置内嵌于一体式直流充电机内，高压关口表布置于箱变内，智能电表布置于一体式直流充电机内。

网络设备的总交换机布置于监控室的监控柜内，通信网关布置于一体式直流充电机内。

2.4.2 电源系统

全站设置 1 套电源系统，给站内各类测控装置、监控系统等供电。直流系统电压推荐采用 DC220 V，全站事故停电按 1 小时考虑，配置 18 只 20 Ah/12 V 蓄电池和 1 台 3 kVA 的 UPS，均布置于交直流电源柜内。

2.4.3 通信系统

采用三层交换机方式接入电力专网，实现监控信息的上传。电量计费信息单独由公网通信实现。

根据接入系统方案，充电站应随电源线路路径新建一条到变电站的光缆。若无法实现直达光缆路由，可结合现有配电光缆网络情况，利用其他至变电站的光缆，实现迂回光缆路由。在光缆建设存在困难的地区，在保证信息安全的前提下，也可采用租用公共无线通信网络的方式。

2.5 土建

2.5.1 概述

充电站布置在现有公交场站内，布置 10 个公交车充电工位，车位采用垂直式布置，车位中间道路宽度保证每个车位都可顺车或倒车进出。

2.5.2 主要材料

(1) 现浇钢筋混凝土结构

采用 C25 和 C30 混凝土用于一般现浇钢筋混凝土结构；使用 HPB300 钢筋用于直径 ≤12 mm 的非预应力钢筋，HRB400 钢筋用于直径 >12 mm 的非预应力钢筋。

(2) 砌体结构

使用 MU7.5、MU10 或 MU15 型号的砌块，使用 M7.5、M10 或 M15 型号的砂浆。

(3) 钢结构

钢结构使用 Q235B 或 Q345B 的钢材，螺栓采用 4.8 级、6.8 级或 8.8 级。

2.5.3 站区总平面

车位采用两列垂直式布置，考虑 1 桩 2 充、交

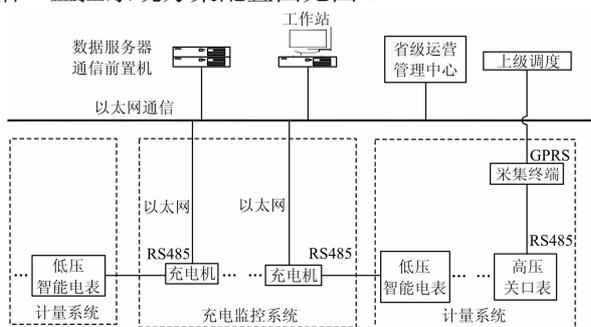


图 2 监控系统方案配置图

Fig. 2 Scheme of monitoring system configuration diagram

间隔层按功能可分为充电监控系统和计量系统。一体式直流充电机内嵌监控装置，监控装置完成面向单元设备的检测及控制功能，向站控层转发数据并接受站控层下发的控制命令；计量系统包括电网和充电设施之间的计量、充电设施和电动汽车之间的计量两部分。电网与充电设施

替充电的需求, 一台充电桩对应布置在两车位间端头, 每个车位尺寸: 长 13 m、宽 3.5 m。车位间通道宽度不小于 13 m, 公交车可方便顺车或倒车进出。

站区建筑物设计成矩形, 布置在场地西北侧, 一台箱式变压器布置在站区东北角, 建筑立体和剖面图见图 3。

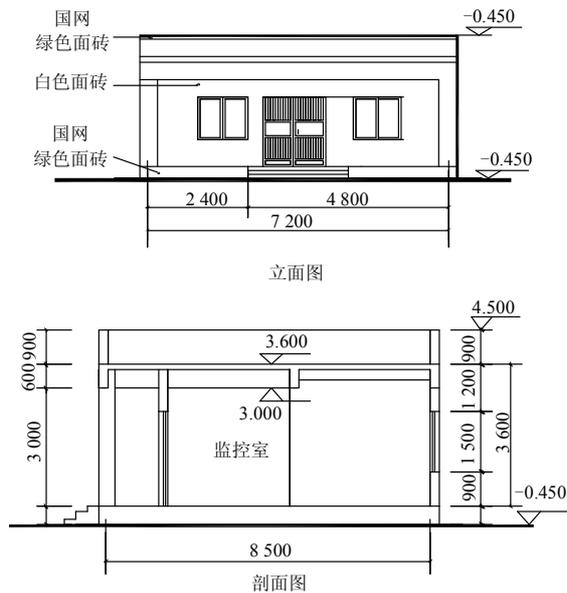


图 3 建筑立面图和剖面图

Fig. 3 Three-dimensional map and profile of the building

2.5.4 管沟布置

室外电缆采用预埋管方式敷设, 按沿道路、建筑物、充电车位、围墙平行布置的原则, 从整体出发, 统筹规划, 平面与竖向相互协调, 远近结合, 间距合理, 减少交叉, 同时考虑便于检修和扩建。

2.5.5 站区建筑物

站区建筑物设计成矩形单层建筑, 长×宽×高为 8.5 m×7.2 m×3.6 m(轴线尺寸)。建筑物装修为外墙面面砖, 内墙面乳胶漆, 地面地砖, 中空玻璃, 外门钢质防盗门, 室内木门。

每台充电机设置小型遮雨棚, 长度 2.7 m, 宽度 2.0 m, 高度 2.4 m, 遮雨棚采用轻型钢结构, 钢构件采取防锈措施, 顶棚及三面围护采用轻型环保材料。

2.5.6 结构

(1) 设计标准

建筑结构安全等级为二级, 结构重要性系数为 1.0, 结构设计使用年限为 50 年。站区抗震设防烈度 7 度, 建筑抗震设防类别为标准设防类(丙类),

设计基本地震加速度值取 0.10 g, 按 7 度抗震措施进行设防。

(2) 设计荷载

根据现行《建筑结构荷载规范》的材料容重, 按该荷载对结构有利和不利情况分别计算恒载; 屋面活载按 0.7 kN/m² 计算; 取 50 年一遇基本风压值 0.45 kN/m² 和 50 年一遇基本雪压值 0.50 kN/m², 地面粗糙度为 B 类。

(3) 结构方案

建筑物为单层建筑, 采用钢筋混凝土框架结构, 环保型砌体填充墙。

2.5.7 给排水

(1) 给水设计

采用市政自来水作为生活用水水源, 设定充电站在市政消火栓保护半径 150 m 以内, 站内不设室外消火栓, 从市政给水管网上申请接出一路 DN40 的供水总管至站内, 接口处水压要求不小于 0.15MPa。供站内生活用水的给水管入口处设水表作为计量设施, 站内给水管道采用涂塑复合钢管, 卫生器具采用节水型器具。

(2) 排水设计

排水采用雨污分流制, 生活污水经化粪池预处理后排入生活污水管网, 站区雨水经收集后排入雨水管网。

2.5.8 采暖通风

采暖通风的室内设计条件见表 3。

表 3 室内设计参数

Table 3 Indoor design parameters

房间名称	夏季室内温度	冬季室内温度
监控室	≤28℃	≥18℃

卫生间自然进风, 采用吊顶式排气扇进行通风换气。监控室采用 1 台柜式风冷热泵型空调机, 空调机制冷量为 7.5 kW, 制热量为 8.2 kW, 功率为 3.16 kW。采用 1 台新风换气机, 通风量为 110 m³/h, 功率为 0.06 kW。

2.6 消防

2.6.1 消防设计主要原则

充电站消防立足于自救, 按照“预防为主, 防消结合”的原则进行设计; 同一时间内可能发生的火灾次数按一次考虑; 建筑物与车位间距应符合防火要求, 场地出入口设置应符合停车场疏散要求。

2.6.2 建筑消防

建筑物火灾危险性戊类, 耐火等级二级, 与车位距离不小于 6 m, 当与车位相邻的墙面为不开门、窗、洞口的防火墙时, 距离可减半为 3 m。场地防

火分类IV，最多停 10 辆车，设 1 个进出口。

2.6.3 暖通消防

单层建筑面积小于 5000 m² 的戊类厂房，不设排烟系统。

2.6.4 给排水消防

单体建筑物为耐火等级二级的戊类厂房，建筑体积不超过 3000 m³，依据《建筑设计防火规范》，建筑物室内可不设置室内消火栓。

设置室外消防给水系统，室外消火栓用水量为 10 L/s。设定全站在市政消火栓保护半径 150 m 以内，利用市政消火栓，站内可不设室外消火栓。灭火器配置按现行国家标准《建筑灭火器配置设计规范》执行。

2.6.5 电气消防

站内主要出入口、通道以及重要建筑物等设应急照明灯和疏散指示灯，自带镍隔电池，应急时间大于 90 min。在监控室内设置感烟探测器、报警按钮、警铃，以及消防控制器，在户外充电设施旁设置移动式消防器具。

3 换电系统设计

电动汽车电池充电可以通过整车充电方式和电池架充电方式两种。电池架充电需要将车载电池卸至电池架，通过分箱充电机对电池架上的电池进行充电，通过更换电池快速实现电动汽车电能补给，换电站采用此种方式^[19]。

3.1 电池架充电设计

电池架充电系统设计，主要考虑下面三方面：

第一 了解换电站建设规模和运行方式。在进行充电系统设计时，首先应明确换电站计划服务的电动汽车数量和类型，了解换电站的运行方式，包括快速、慢速充电的比例需求，以及电池充电轮换方式等。

第二 了解电池充电相关的详细技术参数。与之相关的参数包括电池容量、电池数量、BMS 类型、最大充电电流、电池箱配置方式、换电方式等。

第三 确定分箱充电机的技术参数、配置数量、组柜方案及空间布置。根据电池参数和充电速度要求，确定分箱充电机的输入电压范围和最大输出电流；根据预计服务的电动汽车数量、充电轮换方式、发展情况以及场地空间等，决定站内分箱充电机的数量；根据电池箱配置方式、换电方式等，决定站内分箱充电机组柜方案及空间布置。

3.2 分箱充电机选型及组柜

论文以国内目前使用最多的换电型电动公交车电池为例进行分析，车辆电池配置为 5 大箱 4

小箱，车辆左侧配置 2 大 2 小，右侧配置 3 大 2 小。大箱电池为 24 串，小箱为 12 串，单串电池容量为 300 Ah，最高充电电压为 3.65 V。

换电站采用分箱充电机柜对充电架上的动力电池进行充电，大箱电池单箱充电、小箱电池两箱串联充电。每辆电动公交车左侧电池配置 3 台分箱充电机，右侧电池配置 4 台分箱充电机。

充电电流按 0.4C 计算，其中 C 为电池容量 300 Ah， $0.4 \times 300 = 120$ A。最高充电电压为 $24 \times 3.65 = 87.6$ V。因此，选择单台分箱充电机参数为 15 kW，其输出电压范围 DC50~100 V，最大输出电流为 150 A。

根据分箱充电机及充电机柜的尺寸，结合电动公交车车载电池左右侧布置特点，左侧分箱充电机柜内布置 6 台分箱充电机，右侧分箱充电机柜内布置 8 台分箱充电机。

3.3 换电系统设计

为减少电动汽车在站内的等待时间，换电站采取快速电池更换方式实现电能补给。换电站利用空余时间对电池进行充电，车辆抵达进入换电工位后，自动换电设备将车载乏电电池与电池架上已充满电池进行交换。

换电系统的设计按如下步骤进行：

第一 了解换电站服务车辆数量、备用电池数量、电池运营周转要求等情况。

第二 明确电动公交车的电池参数及配置，主要包括：电池容量、电池电压、电池箱数量、电池箱监控单元类型、电池箱尺寸、大小箱电池重量等。

第三 根据车载电池箱的尺寸、数量等选择电池充电架。

第四 根据车载电池的相关参数和充电方式，确定充电机的技术参数和型号。

第五 根据电动公交车数量、每辆车换电时间、换电站运营要求等，确定充电架和充电机的数量。

电池更换系统由电池箱更换设备、充电架、分箱充电机柜和电池箱等组成。电池箱更换设备采用全自动自旋转一步式换电模式，每个换电工位两侧各配置 1 套电池箱更换设备，共 2 台。每台电池箱更换设备独立工作，一次动作可以取放 1 到 4 箱电池。从车辆就位后至车辆完成换电且驶离换电工位的整个换电时间不大于 12 min。

3.4 换电监控

换电系统设备内嵌监控装置，用以完成车辆导引、车辆换电等功能，向站控层转发数据并接受站控层下发的控制命令。换电监控系统功能见表 4。

表 4 换电监控系统功能表

序号	系统功能	功能内容或实现方式
1	数据采集	1.采集换电设备工作状态、故障信号、位置信息等; 2.采集被换下的电池箱 ID 号; 3.采集充电架上电池箱 ID 号; 4.采集换电准备就绪及换电完成信号。
2	数据展示及统计	1.展示换电设备位置信息; 2.提供换电界面, 实时关注换电过程; 3.实时显示换电设备的故障信号; 4.选取电池时, 根据成组情况对不具备条件的电池进行闭锁。
3	换电控制	向电池更换设备下发启停命令、电池位置等信息。
4	事件记录及告警功能	对电池更换过程中各类事件的历史数据记录及查询, 以及设备异常报警。

3.5 电池检测维护

在电池检测维护室配置动力电池维护设备一套, 实现对单箱电池的维护, 其功能包括:

a) 常规功能。包括内阻测试、容量测试和均衡维护等。

b) 保护功能。包括输入过压、过流、输出过压、过流和断电保护等。

c) 人机交互功能。

d) 通信功能。包括与 BMS 通讯和监控系统通信。

4 完整典型方案

按照前面第 2、第 3 部分的描述, 对其它典型方案标准化配置进行概况, 得到结果见表 5。

5 结论

现有充换电设施存在明显的个性化和差异化特征, 在项目立项过程中, 设计工作量大, 经常发生方案调整和完善的过程。论文研究了电动汽车充换电设施建设的标准化问题, 给出了电动汽车充换电设施的典型设计方案。该方案具有以下作用: (1) 优化项目所用物质, 统一设备选型, 便于设备招投标, 有利于控制产品质量。(2) 规范充换电设施建设规模, 易于控制工程造价。(3) 统一土建和设备规模, 有利于开展项目后评估工作, 以及同尺度测算充换电设施的年度运行维护费用。本文提出的典型设计方案, 在国家电网公司近期的充换电设施建设项目可行性研究报告编制、项目立项评审、充换电设备招投标和项目验收结项等方面发挥了巨大作用。

表 5 其它典型方案标准化结果表

方案编号	供配电系统	二次系统	建筑面积
CDZ-A-1	1 路 10 kV 供电, 主变 1×630 kVA 箱变; 10 kV 侧: 单母线; 0.4 kV 侧: 单母线	充电监控系统、计量系统	68 m ²
CDZ-A-2	1 路 10 kV 供电, 主变 2×1 250 kVA; 10 kV 侧: 单母线; 0.4 kV 侧: 单母线分段	充电监控系统、安防监控系统、计量系统	160 m ²
CDZ-A-3	1 路 10 kV 供电, 主变 2×1 250 kVA; 10 kV 侧: 单母线; 0.4 kV 侧: 单母线分段	充电监控系统、安防监控系统、计量系统	228 m ²
CDZ-B-1	1 路 10 kV 供电, 主变 1×630 kVA 箱变; 10 kV 侧: 单母线; 0.4 kV 侧: 单母线	充电监控系统、安防监控系统、计量系统	62 m ²
CDZ-B-2	1 路 10 kV 供电, 主变 1×1 600 kVA; 10 kV 侧: 单母线; 0.4 kV 侧: 单母线	充电监控系统、供配电监控系统、安防监控系统、计量系统	128 m ²
CDZ-B-3	1 路 10 kV 供电, 主变 1×1 600 kVA; 10 kV 侧: 单母线; 0.4 kV 侧: 单母线	充电监控系统、供配电监控系统、安防监控系统、计量系统	178 m ²
HDZ-A-1	1 路 10 kV 供电, 主变 1×1 600 kVA; 10 kV 侧: 单母线; 0.4 kV 侧: 单母线	充电监控系统、换电监控系统、供配电监控系统、安防监控系统、计量系统	636 m ²
HDZ-A-2	1 路 10 kV 供电, 主变 2×1 600 kVA; 10 kV 侧: 单母线; 0.4 kV 侧: 单母线分段	充电监控系统、换电监控系统、供配电监控系统、安防监控系统、计量系统	1 052 m ²
HDZ-A-3	1 路 10 kV 供电, 主变 4×1 250 kVA; 10 kV 侧: 单母线; 0.4 kV 侧: 单母线分段	充电监控系统、换电监控系统、供配电监控系统、安防监控系统、计量系统	2 010 m ²
HDZ-A-4	1 路 10 kV 供电, 主变 4×2 000 kVA; 10 kV 侧: 单母线; 0.4 kV 侧: 单母线分段	充电监控系统、换电监控系统、供配电监控系统、安防监控系统、计量系统	2 612 m ²

参考文献

- [1] 陈清泉, 孙逢春, 祝嘉光. 现代电动汽车技术[M]. 北京: 理工大学出版社, 2002.
- [2] 王相勤. 当前我国电动汽车发展的瓶颈问题及对策[J]. 能源技术经济, 2011, 23(3): 1-5.
WANG Xiangqin. Existing bottleneck problems and countermeasures in China's electric vehicle development[J]. Energy Technology and Economics, 2011, 23(3): 1-5.
- [3] 宋永华, 阳岳希, 胡泽春. 电动汽车电池的现状与发展趋势[J]. 电网技术, 2011, 35(4): 1-7.
SONG Yonghua, YANG Yuexi, HU Zechun. Present status and development trend of batteries for electric vehicles[J]. Power System Technology, 2011, 35(4): 1-7.
- [4] 滕乐天. 电动汽车充电机(站)设计[M]. 北京: 中国电力出版社, 2009.

- [5] 马玲玲, 杨军, 付聪, 等. 电动汽车充放电对电网影响研究综述[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(3): 140-148.
MA Lingling, YANG Jun, FU Cong, et al. Review on impact of electric car charging and discharging on power grid[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(3): 140-148.
- [6] 高赐威, 张亮. 电动汽车充电对电网影响的综述[J]. 电网技术, 2011, 35(2): 127-131.
GAO Ciwei, ZHANG Liang. A survey of influence of electric vehicle charging on power grid[J]. Power System Technology, 2011, 35(2): 127-131.
- [7] 胡泽春, 宋永华, 徐智威, 等. 电动汽车接入电网的影响与利用[J]. 中国电机工程学报, 2012, 32(4): 1-10.
HU Zechun, SONG Yonghua, XU Zhiwei, et al. Impacts and utilization of electric vehicles integration into power systems[J]. Proceedings of the CSEE, 2012, 32(4): 1-10.
- [8] 徐国钧, 刘永胜, 李题印, 等. 基于层次分析和概率模拟的电动汽车对配网负荷影响研究[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 40(22): 38-45.
XU Guojun, LIU Yongsheng, LI Tiyin, et al. Study on the impact of electric vehicles charging load integrated into distribution network based on analytic hierarchy process and probabilistic simulation[J]. Power System Protection and Control, 2014, 40(22): 38-45.
- [9] 张聪, 许晓慧, 孙海顺, 等. 基于自适应遗传算法的规模化电动汽车智能充电策略研究[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(14): 19-24.
ZHANG Cong, XU Xiaohui, SUN Haishun, et al. Smart charging strategy of large-scale electric vehicles based on adaptive genetic algorithm[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(14): 19-24.
- [10] 李瑞生, 王晓雷, 周逢权, 等. 灵巧潮流控制的电动汽车智能化充电站[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 38(21): 87-90.
LI Ruisheng, WANG Xiaolei, ZHOU Fengquan, et al. The system of electric vehicle intelligence charge station with smart power flow control[J]. Power System Protection and Control, 2011, 38(21): 87-90.
- [11] 田文奇, 和敬涵, 姜久春, 等. 电动汽车换电站有序充电调度策略研究[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(21): 114-119.
TIAN Wenqi, HE Jinghan, JIANG Jiuchun, et al. Research on dispatching strategy for coordinated charging of electric vehicle battery swapping station[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(21): 114-119.
- [12] 徐智威, 胡泽春, 宋永华, 等. 充电站内电动汽车有序充电策略[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(11): 38-43.
XU Zhiwei, HU Zechun, SONG Yonghua, et al. Coordinated charging of plug-in electric vehicles in charging stations[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(11): 38-43.
- [13] 熊虎, 向铁元, 荣欣, 等. 电动汽车电池更换站布局的最优规划[J]. 电力自动化设备, 2012, 32(9): 1-6.
XIONG Hu, XIANG Tieyuan, RONG Xin, et al. Optimal allocation of electric vehicle battery swapstations[J]. Electric Power Automation Equipment, 2012, 32(9): 1-6.
- [14] 刘自发, 张伟, 王泽黎. 基于量子粒子群优化算法的城市电动汽车充电站优化布局[J]. 中国电机工程学报, 2012, 32(22): 39-45.
LIU Zifa, ZHANG Wei, WANG Zeli. Optimal planning of charging station for electric vehicle based on quantum PSO algorithm[J]. Proceedings of the CSEE, 2012, 32(22): 39-45.
- [15] 任玉珑, 史乐峰, 张谦, 等. 电动汽车充电站最优分布和规模研究[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(14): 53-57.
REN Yulong, SHI Lefeng, ZHANG Qian, et al. Optimal distribution and scale of charging stations for electric vehicles[J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(14): 53-57.
- [16] 田文奇, 和敬涵, 姜久春, 等. 电动汽车充电负荷空间分配优化算法[J]. 电工技术学报, 2013, 28(3): 269-276.
TIAN Wenqi, HE Jinghan, JIANG Jiuchun, et al. Electric vehicle charging load spatial allocation optimization algorithm[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2013, 28(3): 269-276.
- [17] 张学清, 梁军, 张利, 等. 计及风光电源的一种地区电网电动汽车充电调度方法[J]. 电工技术学报, 2013, 28(2): 28-35.
ZHANG Xueqing, LIANG Jun, ZHANG Li, et al. Approach for plug-in electric vehicles charging scheduling considering wind and photovoltaic power in Chinese regional power grids[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2013, 28(2): 28-35.
- [18] 杨冰, 王丽芳, 廖承林. 大规模电动汽车充电需求及影响因素[J]. 电工技术学报, 2013, 28(2): 22-27.
YANG Bing, WANG Lifang, LIAO Chenglin. Research on power charging demand of large-scale electric vehicles and its impacting factors[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2013, 28(2): 22-27.
- [19] 李同智. 基于多机器人协同操作的电动汽车快速换电系统[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(20): 77-82.
LI Tongzhi. A fast battery swapping system based on multi-robot collaborative operations for electric vehicles[J]. Automation of Electric Power Systems, 2013, 37(20): 77-82.

收稿日期: 2014-09-28; 修回日期: 2014-10-26

作者简介:

许庆强 (1976-), 男, 博士研究生, 研究员级高级工程师, 主要从事电力系统继电保护、电动汽车充换电站的建设和运营工作; Email: xuqq2008@126.com

寇英刚 (1974-), 男, 硕士研究生, 高级工程师, 主要从事电力营销的研究和管理工作;

马建伟 (1981-), 男, 本科, 经济师, 主要从事电力营销的研究和管理工作。

(编辑 张爱琴)