

# 电动汽车充电站规划、运行中的 大数据集成应用

黄小庆<sup>1</sup>, 陈颀<sup>1</sup>, 田世明<sup>2</sup>, 曹一家<sup>1</sup>, 杨夯<sup>3</sup>, 江磊<sup>1</sup>

(1. 湖南大学电气与信息工程学院, 湖南省长沙市 410000;

2. 中国电力科学研究院, 北京市海淀区 100192;

3. 国网山东省电力公司经济技术研究院, 山东省济南市 250000)

## Big Data Integration for Optimal Planning and Operation of Electric Vehicle Charging Stations

HUANG Xiaoqing<sup>1</sup>, CHEN Jie<sup>1</sup>, TIAN Shiming<sup>2</sup>, CAO Yijia<sup>1</sup>, YANG Hang<sup>3</sup>, JIANG Lei<sup>1</sup>

(1. College of Electrical and Information Engineering, Hunan University, Changsha 410000, Hunan Province, China;

2. China Electric Power Research Institute, Haidian District, Beijing 100192, China; 3. Shandong Power Economic Research Institute, State Grid Shandong Electric Power Company, Ji'nan 250000, Shandong Province, China)

**ABSTRACT:** Planning and operation of electric vehicle charging station (EVCS) have problems such as data loss, unqualified data instantaneity. Mass heterogeneous, polymorphism, multi-property, and hard-sharing data are expected to be used reasonably for optimal planning and operation of the stations. Charging station data are typically big data. However, requirements of easy low-cost implementation and integration with other systems conflict each other in nature. This paper focuses on this integration problem. Firstly, big data required by EVCS optimal planning and operation are analyzed, including data origination, characteristics and application challenges. Secondly, four integration patterns suitable for EVCS big data application are presented. Correspondingly, concepts, connotations of the four patterns and involved key technologies are elaborated. Moreover, a general architecture for EVCS big data integration is proposed based on these four patterns. Finally, examples are given for application of the four patterns.

**KEY WORDS:** charging station; optimal planning; operation; big data; data integration

**摘要:** 当前充电站存在数据缺失、数据实时性不高的问题, 为优化充电站的规划和运行方案, 需合理利用海量异构、多态、主体多样、共享难的电动汽车相关数据, 这些数据具备大数据的典型特征。而应用的难点在于: 数据集成的方式既要成本低、易实施, 又要满足和外部系统集成的需要。这本身是一个矛盾。论文针对此展开讨论。首先, 分析了充电站规划、运行中的大数据需求, 数据来源、特征与应用难点。其次, 提出了适用于充电站的 4 种大数据集成模式。在此基础上, 阐明了各集成模式的概念、内涵以及所涉及的具体关

键技术, 构建了基于 4 种集成模式的充电站大数据应用架构。最后, 给出了应用 4 种模式的具体实例。

**关键词:** 充电站; 规划; 运行; 大数据; 数据集成

**DOI:** 10.13335/j.1000-3673.pst.2016.03.015

## 0 引言

2015 年 9 月 23 日, 国务院常务会议要求, 新建住宅须配电动汽车充电设施, 并明确提出加快配建充电桩、城市充换电站、城际快充站等设施。目前, 充电站规划常利用各类优化算法, 基于大致的电网负荷和拓扑结构、结合交通和用户满意度约束, 以充电站经济效益最大化为目标, 确定充电站位置和容量。在充电站运行中, 通常利用孤立的充电站运营管理系统, 实现站内设施的管理。

随着电动汽车数量增加、电力市场环境解耦, 仅基于简化模型和少量数据, 利用一个或几个智能算法, 指导充电站规划和运行, 忽略了充电站作为普通用电设施之外的其他特征, 如站—站、站—用户、站—电网、用户—电网、用户—交通网之间的协调需求, 不具备可持续发展性。实际上, 充电站规划与运行涉及多个主体, 既影响交通流量的分布, 又影响电网扩容增容。同时, 交通流量会影响车主的驾驶和充电行为<sup>[1]</sup>; 充电行为将增大电网的峰谷差和系统网损, 降低电能质量<sup>[2-4]</sup>。

大量历史数据的运用, 将突破充电站规划运行的局限性。但考虑到: 充电站规划、运行对数据快速集中、辅助决策的要求越来越高; 作为用电设施和城市交通服务设施, 充电站的建设、运行和应用

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51137003, 61104090); 国家科技支撑计划资助项目(2013BAA01B01)。

Project Supported by National Natural Science Foundation of China (51137003, 61104090).

对象分散,其多归属的特征导致了数据的复杂性与多样性,低成本、高效地利用充电站数据,需要共享数据的明确思路。

实际中,随着充电站数量增加、运行时间增长,电动汽车数据规模将快速地从目前的 GB 级增长到 TB 级,甚至 PB 级,呈现动态、大量、多样、实时、和智能分析高度依赖等特征,逐步形成了与电动汽车相关的大数据。

大数据技术的发展为充电站规划与运行提供了一条技术途径。2011 年 5 月,麦肯锡在美国发布的报告中阐明了大数据研究的地位以及将会给社会带来的价值<sup>[5]</sup>。国内外电力大数据研究与应用,取得了一定的成果,初步形成了电力大数据的基本原理、方法及步骤<sup>[6-11]</sup>。但针对充电站应用大数据的研究非常少。大数据应用通常包括数据采集、数据可视化、数据集成等环节<sup>[12]</sup>。由于充电站数据对象多样且异构、规模大、来源复杂、更新快、管理部门分散,数据集成成为充电站大数据应用的瓶颈。

综上,论文从充电站规划、运行中的大数据集成需求展开分析,提出了潜在的数据集成模式,分析了基于多种集成模式的、可扩展的集成架构。

## 1 充电站规划、运行中的大数据特征

在充电站规划与运行中,不同的主体产生的数据不同,对大数据的需求也不同,数据来源见表 1。上述数据的主要特征如表 1 所示<sup>[13-18]</sup>,包括。

特征一:数据对象多样且异构。如交通部门提供的车流量数据,通常通过摄像头、传感器获取,来自社交媒体。异构性表现在多个方面:数据格式异构,同一数据在不同系统描述不一,数据隶属不同部门;数据结果异构,含文本、图形、图像、声音、视频等多媒体数据。

表 1 充电站大数据的来源与特征  
Tab.1 Source and characteristics of electric vehicle charging station big data

数据主体	数据来源	数据特征
充电站	电池、充电桩等充电设施监控数据,充电站用能数据等。	充电监控数据:数据量大而复杂,实时性要求高。
运营商	电池和电动汽车档案,电量计量与计费数据,营销财务数据等。	营销管理数据:实时性要求不高,但数据价值高。
用户	车辆行驶里程,行程结束时间,电动汽车品牌属性,电池标准等。	数据量大,价值高,格式多样。
电网	负荷、线路、变压器等设备属性和运行数据,有序用电策略。	数据量大,更新快,实时性要求高,安全性高。
政府职能部门	区域经济发展的历史状况、人口地理信息、城市发展计划、区域功能作用、地形等。	数据量一般,价值高。
交通部门	交通流量、停车设施分布、交通管制信息等	数据量大而复杂,动态,格式多样。

特征二:数据相关主体多,规模大、来源广。

特征三:高速率。高速率包括运行数据的快速更新、快速决策。且充电决策的衍生结果又需要和其他数据整合,进一步增大了高速率的要求。如,有序用电策略需考虑用户的充电选择和交通状况。

特征四:高价值。数据价值的实现依赖于数据的高度整合和价值挖掘。如充电引导方案的制定。

## 2 充电站大数据集成问题与集成模式分类

上述特征分析表明,充电站应用大数据将面临:

1) 数据异构将一直存在。由于标准缺乏、厂商和用户多,数据的统一存储、统一格式或统一结构化难以实现,亦没有价值。传统基于平台的数据集成扩展性差。

2) 数据量和高速率的矛盾。大量异构数据的抽取、转换、加载、清洗、修正、分析需满足时间限制,这给传统数据库软件提出了新要求。而大量可能错误、不完整或精度差的脏数据,加剧了实时性和大规模的矛盾。且数据采集和参与决策的频率增多,数据的动态性使得适用于静止数据处理的数据仓库技术不适用于大数据实时运行。

3) 数据量和高价值的冲突。电动汽车的流动性使得充电站面临的数据对象不确定,先将数据源映射到统一数据模式,再发掘数据价值的传统做法不适用。

综上,面对充电站运行的多个主体,传统的  $N$  层集成模式——自底向上依次通过数据库、功能、平台和应用来实现的紧耦合集成,柔性、实时性和智能性均不够。大数据集成是解决这一问题的方法。考虑各主体对电动汽车大数据的应用目标各异,难以用一种集成方案解决所有集成问题,本文提出 4 种地位对等的集成模式:界面集成、数据平台集成、应用集成和流程集成模式。

在此,集成模式定义为:从各种集成方案中抽象得到的典型集成方案。集成模式的分类要求互不重叠、且能覆盖绝大部分集成方案。集成模式与集成需求的匹配程度,决定了电动汽车大数据的应用效果。

### 2.1 界面集成模式

界面集成通过统一访问和展示入口,实现集成。它支持多渠道接入,当不关心数据的分析处理过程,而关注大数据分析结果的展示与分析时,该模式直接、高效。

界面集成模式适用于电动汽车用户、电动汽车厂商仅需要以交互应用或报告的形式提供原始数

据或分析结果,即能轻松地做出决策的问题。充电站通过集成界面引导电动汽车用户充电、缴费等,降低交互成本。

常见的界面集成技术包括:基于集合、基于图标、基于图像、基于像素和分布式技术等。正在向 Web2.0 逐步过渡,允许最终用户参与个人信息的定义、动态发布和接受信息。当用传统的文本下载或个人电脑显示分析大数据结果时,用户难以理解,可借鉴媒介和培训界的经验,突破非定制不能用的现状,基于知识库获取类似专家水平的可视化能力,或借助具备智能的大数据可视化软件提供界面集成。特别地,当侧重点涉及大数据的互操作时,界面集成难以满足需求。

## 2.2 数据平台集成模式

数据平台集成模式基于关系型数据库或分布式数据库/Hadoop 等分布式文件系统,实现数据共享和互操作。

该模式的总思路是基于数据库或分布式数据平台,利用云计算、网格、对等计算(peer to peer, P2P)等计算方式,将分布、异构的资源组成一个统一的大型虚拟计算机,通过标准接口整合内部资源、数据和应用,以在短时间内完成海量充电站数据的共享和分析应用。具体地:

1) 利用关系型数据库集成。包括数据同步/异步复制、数据联邦、面向接口 3 种方式,分别通过中间件、虚拟数据库和数据仓库技术实现,技术难点在于数据异构性、完整性和语义冲突问题。

2) 基于分布式存储系统。集成利用 bigtable、Mapreduce 等平台进行。如,选择网格或云技术扩展现有数据平台的功能,应对充电站爆炸式增长,协同不同运营主体的数据和计算资源,按照 P2P 策略共享区域之间的资源,平衡各充电站之间的大量数据交互。

该模式适用于充电站的建设、运行方比较集中的情况。多个充电站属于同一运营商,通过搭建统一的数据集成平台,效率高、扩展方便。

然而,数据平台集成模式管理难度较大,运行维护成本较高,该模式受到多个限制,如表 2 所示。当实时共享、分析频繁、快速更新的数据时,数据格式多样,含有多媒体数据;用户评价信息则可能集成模式只能通过离线分析、抽样、近似计算来应对大规模数据的处理难题。

## 2.3 应用集成模式

应用集成模式由应用直接对话实现集成。该模式从最初的适配器支持的点对点集成,发展到由遵

表 2 2 种数据平台集成方案的缺点对比

Tab.2 Disadvantages comparison of the two data platform integration solutions

实现方式	技术瓶颈问题
关系型数据库	1) 数据需转换成本地模式,存储引擎难满足大数据的统计、建模、查询数据操作工具如开源 MySQL 及 Postgres 在稳定、快速、智能分析等方面难商用; 2) 资源重用率低、冗余大,历史信息维护成本高,对实施人员技术要求较高。
分布式数据平台	1) 受制于数据的异构性,仅能访问一致的文件、数据集; 2) 提供数据处理框架,而非数据管理架构。要求用户保持数据提供,需确保数据变化的情况下数据处理程序正常工作; 3) 基于 MapReduce 或 Hadoop 平台构建的数据管理工具,如 Hive、Hbase 等,仅可视为再现数据库管理系统,没有解决数据大规模、实时性难题;大量冗余硬盘数据难获低时延。

循统一组件规范的组件和中间件实现集成。业务组件以 C、C#或 Java 语言开发,封装成公共对象请求代理体系结构对象、COM、Web 服务。中间件平台符合组件规范,由集成总线或消息中间件实现。2000 年提出的集成参考模型,到现在仍然没有大的变动,见图 1。

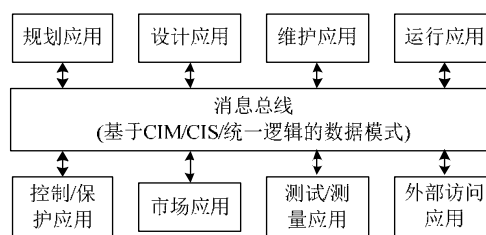


图 1 基于消息总线实时通信的“即插即用”信息集成  
Fig.1 “Plug and play” information integration based on real-time communication using message bus

该模式适合共享数据规模小,结构简单的集成。当充电站规模不大时,可使用该模式实现充电站数据集成,包括共享交通流量数据、电网负荷数据等。当充电站运行涉及跨平台的数据互操作时,可扩展标记语言(extensible markup language, XML)、Web 服务和面向服务架构(service-oriented architecture, SOA)是解决集成问题的新方向。SOA 基于合约和策略发布与发现,组装、复用和互操作服务。应用集成模式相对数据平台集成模式,避免了新信息孤岛不断产生的问题,但请求-响应的通信机制和松散耦合的体系结构造成了实时性不足,在高速、可靠地集成大量种类繁多的数据方面,仍需继续研究。

## 2.4 流程集成模式

当业务流程变化频繁,业务和异构数据协同范围十分大时,上述模式均不适用。如充电站运营商与电网、用户之间的购售电交易,由于交易模式不成熟、业务流程变化快;且充电站运营商为了获取



最佳定价策略，需收集来自多个异构系统的大量经济和控制数据，业务和数据协同范围十分大。可以说，上述模式具体到某一功能点，报表、单据都要求仔细，但对整个业务流程，却不能提出明确有效的要求。

此时，流程集成模式适用。它以业务协同为目标，实现数据从充电站规划到维护全过程的共享。通过业务过程和其他资源的绑定，实现相关数据、应用和服务的深层次集成<sup>[19]</sup>。流程可嵌入或调用流程。

其他集成模式以组织为依据建设系统，而流程集成支持跨组织的业务综合管理和流程自动化，避免了从规划、设计到运行、维护完整业务过程中的流程分割和大量数据截流。同时，充电站能快速地响应不断调整的竞价业务，并将先进的管理思想和经验快速输出到集成系统。

该模式中，充电站通过管理各项业务流程——用户交互、电池管理、充电桩监控、竞价流程等，实现多个主体的数据共享。如充电站的分时定价流程，通过将流程映射到高度解耦的服务组件，利用服务组合，可快速构建新业务流程，与电网、用户共享分时电价和用电数据；而不是将业务逻辑固定在定价组件中，导致升级困难。

3 充电站大数据集成架构

4 种集成模式可处理的大数据特点各异(见表 3)。实际上，数据集成模式的选择由需求驱动。总

表 3 不同集成模式对应的充电站大数据特征  
Tab.3 Characteristics of electric vehicle charging station big data pertaining to different integration patterns

集成模式	数据特征			
	Volume	Velocity	Variety	Value
界面集成	小	低	多	小
数据平台集成	中	高	较多	中
应用集成	中	较高	中	较大
流程集成	多	高	多	大

的来说，数据集成的目标是把不同数据源整合在一起<sup>[20]</sup>。但受需求驱动，数据整合可能发生在存储端，也可能发生在应用端。即，在展示层面、逻辑层面或物理层面实现集成，分别适用界面集成、流程/应用集成、数据平台集成模式。表 4 从应用角度分析了各模式的适用场景。

表 4 4 种集成模式的应用差异  
Tab.4 Differences of application in four kinds of integration patterns

集成模式	实施难度	耦合程度	适应范围	大数据应用的局限性
界面集成	易	松	数据统一显示和统一访问	不支持数据互操作、不支持数据分析
数据平台集成	较易	紧	数据来源广、操作频繁	当前数据库工具难分析、管理大数据
应用集成	中等	松/紧	业务需求稳定且明确	交互数据有限；难快速交互大量数据；不安全
流程集成	难	较松	业务调整频繁	需高度规划、成本高

基于 4 种模式的充电站大数据集成架构见图 2。该集成架构对从数据获取到数据应用的全过程进行规划，分析了各集成模式的支撑技术及其关键要素。由图 2 可见 4 种集成模式可以平滑过渡、相互转化。

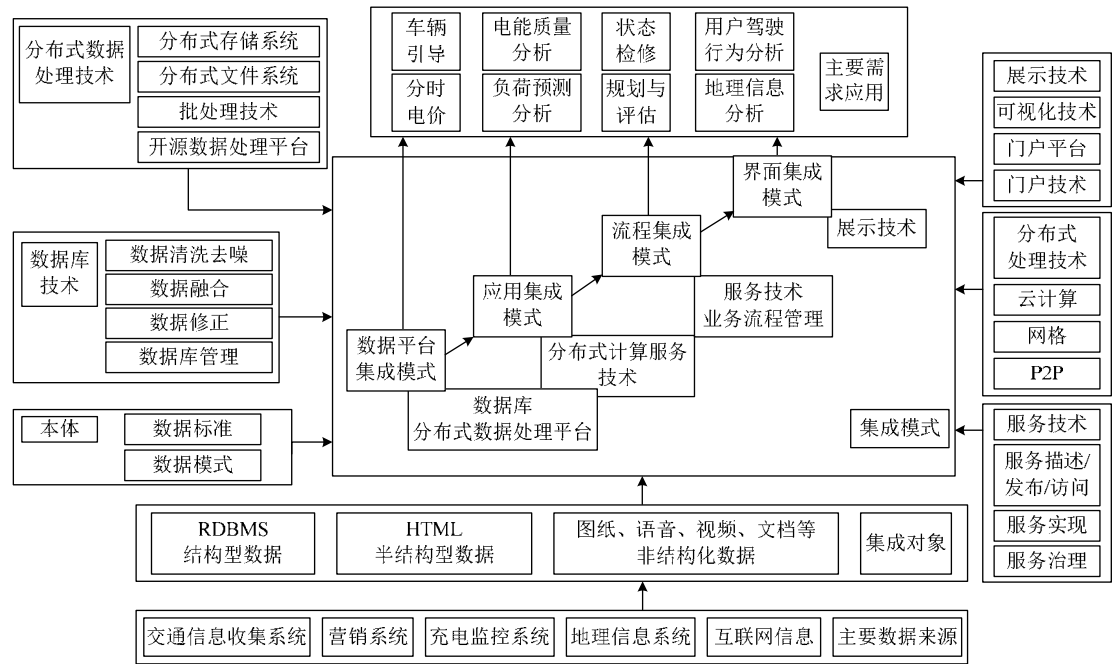


图 2 基于 4 种模式的充电站数据集成架构  
Fig.2Integration architecture for electric vehicle charging station data based on the four patterns

这意味着,该架构具有扩展性,可避免组织外部的集成需求造成的孤岛困境。同时,针对同一个背景问题,在不同阶段可采用不同的集成模式。

#### 4 充电站大数据集成案例

上一节详细分析了 4 种大数据集成模式的定义、特征和应用背景。下面结合充电站规划、运行主体的不同,给出集成模式的应用实例。

情景一:规划运行主体高度重合。此时,选择流程集成模式将使得充电站规划—运行实现闭环控制,有利于两者的反馈优化。如在电力市场环境中,为充电站购电竞价提供辅助决策,灵活适用市场规则的频繁调整。

情景二:充电站规划运行主体为电网企业,或覆盖多个充电站时。选择数据平台集成模式,如通过数据平台管理电动汽车用户出行方式和充电习惯,提出有序充电计划,挖掘增值服务。考虑到规划数据使用频率高,规划主体通过数据平台集成模式管理与地区经济发展、人口分布、经济、交通流量、建筑物、道路、水系、地形、土地类型等相关的规划数据,效率更高,使用更方便。

情景三:规划主体为第 3 方设计机构,或运行主体管理的充电站规模较小。选择应用集成模式。如利用点对点集成采集规划区域的电气参数和历史运行参数,协助规划的成本较小。考虑到规划主体对外部数据的使用范围和使用次数有限,基于应用集成,性价比更高且更易于实现。

情景四:集成多个充电站数据,服务用户和设备生产厂家。选择界面集成模式。如用户通过界面集成选择充电站址,缴费。

特别地,云计算具有海量存储规模、高可靠性、高通用性和高扩展性,能协助实现充电站规划与运行中大量、高分布大数据的存储,解决集成的 NP-hard 问题<sup>[21]</sup>。对云资源自主配置展开研究,将降低云托管大数据的运行成本,同时达到更好的工作性能。智能算法则能解决充电站大数据集成的一些难题,包括:1)大量非结构化数据的集成<sup>[22]</sup>。2)不良数据的辨识或清洗,利用脏数据作为上下文识别正确的数据。3)支持大数据可视化,通过知识库获取专家可视化能力或构建数据可视化智能软件。

好的集成架构不仅要解决集成的现实需求,还应当缩小应用和技术的差距,与信息、通信技术及充电站本身的发展趋势一致。在选择实现语言、协议栈、信息模型、数据库、分布式文件系统、中间件和组件、工作流技术等技术要素的过程中,需遵

循功能完整、柔性、可应用性、可接受性、高性能、高可靠性、安全性等目标,支持渐进式推进,以规避风险,为集成系统的多个使用者所理解。

#### 5 结论

随着能源互联网、车联网的发展和电动汽车的广泛应用,用户、电网、充电站规划/运行方等主体的联系日益紧密。在多样且异构、规模大、来源复杂、更新快、管理部门分散的数据应用中,集成成为难点。论文针对性地提出了 4 种集成模式。其中,流程集成将极大方便新业务的部署和更新;应用集成能提供一种稳定的软件架构,可由专业软件商负责构建、维护和升级软件,运营商只需要关注业务流程和数据使用;数据平台集成能实现大量数据的高效利用;界面集成则能低成本而灵活地满足用户需求。各大数据集成模式的内涵、外延、数据共享层次各不相同、互为补充。

综合考虑市场因素、技术应用的难度及用户接受度等,选择能实现电动汽车大数据旧价值应用、新价值挖掘和数据持续应用的集成模式,还需要一定的摸索。但从长远来看,本文建议的 4 种模式界定的越早,在充电站合理规划、安全经济运行中的投资回报将越大,重复集成的可能性也越低。

#### 参考文献

- [1] 董朝阳,赵俊华,文福拴,等.从智能电网到能源互联网:基本概念与研究框架[J].电力系统自动化,2014,38(15):1-11.  
Dong Zhaoyang,Zhao Junhua,Wen Fushuan,et al.From smart grid to energy internet: basic concept and research framework[J]. Power system automation, 2014, 38(15): 1-11(in Chinese).
- [2] 所丽,唐巍,白牧可,等.考虑削峰填谷的配电网集中型充电站选址定容规划[J].中国电机工程学报,2014,34(7):1052-1060.  
Suo Li,Tang Wei,BaiMuke,et al.Locating and sizing of centralized charging stations in distribution network considering load shifting[J]. Proceedings of the CSEE, 2014, 34(7): 1052-1060(in Chinese).
- [3] 张良,严正,冯冬涵,等.采用两阶段优化模型的电动汽车充电站内有序充电[J].电网技术,2014,38(4):967-973.  
Zhang Liang,Yan Zheng,Feng Donghan,et al.Two-stage optimization model based coordinated charging for EV charging station[J]. Power System Technology, 2014, 38(4): 967-973(in Chinese).
- [4] 杨少兵,吴命利,姜久春,等.快换式电动公交充电站经济运行优化策略[J].电网技术,2014,38(2):336-340.  
Yang Shaobing,Wu Mingli,Jiang Jiuchun,et al.Optimal strategy for economic operation of electric bus battery swapping stations[J]. Power System Technology, 2014, 38(2): 336-340(in Chinese).
- [5] McKinsey Global Institute.Big data:the next frontier for innovation, competition, and productivity[R]. 2011.
- [6] 黄小庆.SOA 架构下的服务组合及其在电力领域的应用研究[D].南京:东南大学,2009.
- [7] 张东霞,苗新,刘丽平,等.智能电网大数据技术发展研究[J].中国电机工程学报,2015,35(1):2-12.

- Zhang Dongxia, Miao Xin, Liu Liping, et al. Research on development strategy for smart grid big data[J]. Proceedings of the CSEE, 2015, 35(1): 2-12(in Chinese).
- [8] 宋亚奇, 周国亮, 朱永利. 智能电网大数据技术现状与挑战[J]. 电网技术, 2013, 37(4): 927-935.  
Song Yaqi, Zhou Guoliang, Zhu Yongli. Present status and challenges of big data processing in smart grid[J]. Power System Technology, 2013, 37(4): 927-935(in Chinese).
- [9] 王继业, 季知祥, 史梦洁, 等. 智能配用电大数据需求分析与应用研究[J]. 中国电机工程学报, 2015, 35(8): 1829-1836.  
Wang Jiye, Ji Zhixiang, Shi Mengjie, et al. Scenario analysis and application research on big data in smart power distribution and consumption systems[J]. Proceedings of the CSEE, 2015, 35(8): 1829-1836(in Chinese).
- [10] 彭小圣, 邓迪元, 程时杰, 等. 面向智能电网应用的电力大数据关键技术[J]. 中国电机工程学报, 2015, 35(3): 503-511.  
Peng Xiaosheng, Deng Diyu, Cheng Shijie, et al. Key technologies of electric power big data and its application prospects in smart grid[J]. Proceedings of the CSEE, 2015, 35(3): 503-511(in Chinese).
- [11] 王璟, 杨德昌, 李猛, 等. 配电网大数据技术分析与典型应用案例[J]. 电网技术, 2015, 39(11): 3114-3121.  
Wang Jing, Yang Dechang, Li Meng, et al. Analysis of big data technology in power distribution system and typical applications[J]. Power System Technology, 2015, 39(11): 3114-3121(in Chinese).
- [12] Miller H G, Mork P. From data to decisions: a value chain for big data[J]. IT Professional, 2013, 15(1): 57-59.
- [13] 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.  
Xu Zhiwei, Hu Zechun, Song Yonghua, et al. Coordinated charging strategy for PEV charging stations based on dynamic Time-of-use tariffs[J]. Proceedings of the CSEE, 2014, 34(22): 3638-3646(in Chinese).
- [14] 黄小庆, 杨夯, 陈颀, 等. 基于 LCC 和量子遗传算法的电动汽车充电站优化规划[J]. 电力系统自动化, 2015, 39(17): 176-182.  
Huang Xiaoqing, Yang Hang, Chen Jie, et al. Optimal planning for electric vehicle charging stations based on life cycle cost and quantum genetic algorithm[J]. Automation of Electric Power Systems, 2015, 39(17): 176-182(in Chinese).
- [15] 冯俊淇, 解大, 贾玉健, 等. 电动汽车充放储一体化电站调度参数分析[J]. 电网技术, 2013, 37(12): 3325-3330.  
Feng Junqi, Xie Da, Jia Yujian, et al. Dispatch parameters analysis of charging/discharging and storage integrated station for electric vehicles[J]. Power System Technology, 2013, 37(12): 3325-3330(in Chinese).
- [16] 严辉, 李庚银, 赵磊, 等. 电动汽车充电站监控系统的设计与实现[J]. 电网技术, 2009, 33(12): 15-19.  
Yan Hui, Li Gengyin, Zhao Lei, et al. Development of supervisory control system for electric vehicle charging station[J]. Power System Technology, 2009, 33(12): 15-19(in Chinese).
- [17] 黄小庆, 杨夯, 肖波, 等. 考虑客户满意度的电动汽车充电站运营状态评估[J]. 电力系统自动化, 2014, 34(10): 96-101.  
Huang Xiaoqing, Yang Hang, Xiao Bo, et al. Operating state evaluation considering customer satisfaction for electric vehicles charging station[J]. Automation of Electric Power Systems, 2014, 34(10): 96-101(in Chinese).
- [18] 张振夫, 黄小庆, 曹一家, 等. 考虑分时电价的电动汽车充电负荷计算[J]. 电力自动化设备, 2014, 34(2): 24-29.  
Zhang Zhenfu, Huang Xiaoqing, Cao Yijia, et al. Charging load calculation considering TOU for electric vehicles[J]. Electric power automation equipment, 2014, 34(2): 24-29(in Chinese).
- [19] 黄双喜, 范玉顺, 赵大哲, 等. 基于 web 服务的企业应用集成[J]. 计算机集成制造系统, 2003, 9(10): 864-867.  
Huang Shuangxi, Fan Yushun, Zhao Dazhe, et al. Web service based enterprise application integration[J]. Computer integrated manufacturing system, 2003, 9(10): 864-867(in Chinese).
- [20] 宫学庆, 金澈清, 王晓玲, 等. 数据密集型科学与工程: 需求和挑战[J]. 计算机学报, 2012, 35(8): 1563-1578.  
Gong Xueqing, Jin Cheqing, Wang Xiaoling, et al. Data-intensive science and engineering: requirements and challenges[J]. Journal of Computer Science, 2012, 35(8): 1563-1578(in Chinese).
- [21] 王佳隼, 吕智慧, 吴杰, 等. 云计算发展分析及其应用探讨[J]. 计算机工程与设计, 2010, 31(20): 4404-4409.  
Wang Jiajun, Lu Zhihui, Wu Jie, et al. Cloud computing technology development analysis and applications discussion[J]. Computer engineering and design, 2010, 31(20): 4404-4409(in Chinese).
- [22] O'Leary D E. Artificial intelligence and big data[J]. IEEE Intelligent Systems, 2013, 28(2): 96-99.



黄小庆

收稿日期: 2015-08-31。

作者简介:

黄小庆(1981), 女, 博士, 讲师, 研究方向为电动汽车与电网互动、微电网分析、电力信息集成,  
E-mail: huang\_xq@126.com;

陈颀(1992), 男, 硕士研究生, 研究方向为电动汽车充电站规划、电动汽车充电站运行。

(责任编辑 李兰欣)