

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2014.12.023

# 基于Web的风电场监控及 信息管理系统的设计与研究

赵国群, 徐劲松

(浙江运达风电股份有限公司 风力发电系统国家重点实验室, 浙江 杭州 310012)

**摘要:** 针对当前风电场SCADA系统数据接入的灵活性及整合能力弱,数据的完整性易受网络及环境因素的影响等存在问题,并通过对风场一体化管理、多媒体监控等新功能需求的调查和分析,对风电场SCADA系统和风电场数据结构进行了设计和研究,提出了一套基于Web的风电场监控及信息管理系统的解决方案。对该系统硬、软件基本架构、风机数据模型建立、数据的断线续传、分布式计算、多媒体接入等关键技术进行了详细的介绍。通过该系统在某风电场的实地部署和运行,对系统的各项功能进行了测试。研究表明,该系统具备接入不同型号风机及外部设备数据的能力,数据的连续性和完整性得到了很大程度的保障,多媒体技术的应用加强了实时监控的多样性,一体化管理有效提升了风场的运维及管理效能。该系统的开发成功及运用,对我国风电场监控及管理技术的进一步发展具有积极的参考价值。

**关键词:** 风电场; 数据采集与监控系统; 信息系统管理; 基于Web的

中图分类号: TM614; TP29 文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2014)12-1623-06

## Research and design of the Web-based wind farm scada and information management system

ZHAO Guo-qun, XU Jing-song

(Zhejiang Windey Co.,Ltd, State Key Laboratory of Wind Power System, Hangzhou 310012, China)

**Abstract:** Aiming at the existing problem of current wind farm supervisory control and data acquisition (SCADA) system, such as the weak data access flexibility and consolidation, data integrity is vulnerable to networks and environmental factors, also through the investigation and analysis of new requirements like wind farm integrated management and multimedia monitoring, the wind farm SCADA system and data structure were studied and designed, and a solution of Web-based wind farm SCADA and information management system was introduced. Key technologies of this system was described in details, such as architecture of system hardware and software, turbine data model set up, breakpoint continuingly support of data transmission, distributed computation and multimedia access. A test on functions of the system was carried out through the field deployment and use of the system in a wind farm. The results indicate that, the system is able to access data of wind turbine and electric equipment from different manufacturers, data continuity and integrity guarantee is improved significantly, the application of multimedia technology increase the diversity of the real time monitoring, integrated management help users promote maintenance and management performance. The successful development and use of the system has positive reference value for the development of wind farm monitoring and management technology.

**Key words:** wind farm; supervisory control and data acquisition(SCADA); information management system; Web-based

## 0 引言

在当前能源危机和环境污染的双重背景下,风力发电作为一种清洁、可再生的新型能源,已经成为各国政府重点扶持和发展的领域<sup>[1]</sup>。

截至2012年底全国累计风电装机保有量达到53 764台<sup>[2]</sup>,随着各风场建设的不断深入,一个风场往往拥有不同厂家以及不同型号的风机,业主对风场的综合监控及管理要求也越来越高,希望有一个统一的平台监控和管理旗下各种风机以及诸如门禁、消防、状态监测、箱变等外部设备。而现实情况是,不同厂家的机组往往使用厂家指定的SCADA系统,并且其他外部设备的监控系统也是各自为政,这给风场业主的日常监控和管理带来了极大的不便<sup>[3]</sup>。为了提高对风场的管理水平以及对风场数据的深入分析和挖掘,就需要开发一套能整合不同型号风机及外部设备的、灵活开放的、便于使用的、具有自主知识产权的风场监控管理系统。这样既保证企业的快速扩张,又保证企业的可持续经营发展,将传统的生产型管理转变为市场化、专业化管理,保证发电运行的安全性和高效性以及降低成本、提高发电小时数、增强企业效益等优点。

本研究提出一套基于Web的风电场监控及信息管理系统实现的方案,对该系统的结构功能进行设计,并对其中的关键技术进行分析说明。

## 1 系统的功能需求分析

传统的风电场SCADA系统,一般都具备数据采集、数据传输、简单数据的存储、数据的监测与控制以及报表的展示等功能。这里的数据,通常指的是风机设备相关的运行参数,随着风电场数字化发展需要,采集信息不只局限于风机设备,相变信号、门禁信号、测风塔信号、消防报警器信号、状态监测信号等越来越多的电气设备被要求被接入SCADA系统。另外,风电场恶劣的环境会经常导致通讯线路的故障,造成风机运行数据的丢失。在数据处理和存储方面,风电场都会要求风机运行的关键数据在风机寿命周期20年内可查,并且数据存数的精度要求也越来越高。除此之外,不同品牌风机数据的接入能力、友好简洁的人机界面、高效的报警管理机制、多种分析工具和报表等,都是风电场非常关注的问题。

随着互联网应用的长足发展和手机、平板电脑的使用普及,用户能借助各种通讯设备,通过网络远程访问风场,即使用户远离风电场,也能实时掌控运行

情况。并且报警信息既可以通过监控画面查看,也可以通过邮件或手机短信实现。

风力发电行业普遍存在的厂址偏远,生产部门及管理调度部门分处不同区域,需要通过该系统将风电场的风机控制系统、升压站监控系统、视频监控数据等通过统一的数据访问接口,实时上传到公司总部,建立公司中心数据库,通过Internet实现对风电场远程监控。通过企业内网门户统一登录,为风电集团内的所有关联部门、员工、角色提供统一、协同的工作平台。

根据上述的需求分析,新开发的风电场监控及信息管理系统必须具备以下功能:

### 1.1 具备多种通讯协议的数据采集功能

为了实现不同设备的接入能力,系统不仅需拥有针对电力系统的常用规约以及Modbus、OPC等常用的数据通讯接口,而且对各种风机控制器的特定协议也应该具备通讯能力。

### 1.2 具备断线续传能力的数据传输功能

该功能是为了保证风电场通讯中断的情况下,仍能将设备运行数据缓存于存储设备,待通讯恢复后系统恢复数据,以保证在风场网络故障情况下数据的连续性及完整性。

### 1.3 数据存储与处理功能

系统对采集到的各类数据进行归档存储,对于特殊用途的数据进行预处理,以保证快速的数据请求响应。对于超期的历史数据进行压缩,以节省存储空间。

### 1.4 数据分析功能

系统提供风电场多种指标数据分析手段,包括事件记录,各状态码激活次数及激活时间统计,机组各种状态时间统计及分布,功率曲线及风玫瑰图统计,可利用率统计等等。

### 1.5 风场数据管理功能

系统详细记录风资源、风电机组机械和电气参数、变电系统等实时数据。并对记录数据进行统一的归档管理,满足机组运行、设备检修、设备参数、电能统计、备件信息等各功能的数据需求。

### 1.6 Web发布功能

系统集成Internet技术、面向对象技术等核心技术,使风机数据采集、状态监控、参数设置、以及报表展现的相应数据和画面得以开放,使之能被更多不同类型的终端、管理系统以及使用者访问。为风场实现系统一体化管理提供可能性<sup>[4]</sup>。

除了以上提到的功能要求之外,像数据监测与控制、报警接收与管理、趋势图展示、报表生成等常规功能也不可缺少。

## 2 系统构架设计

### 2.1 硬件组成

系统的硬件主要包括前置机、系统服务器以及风电场网络通讯及办公设备。前置机安装于单台风机内部,其硬件设备可以是一台小型工业计算机,它主要用于对各种电器设备的数据采集、缓存、预处理及转发。考虑到风机内部会配置一个工业触摸屏来运行风机的HMI程序。因此,在硬件要求匹配的情况下,也可以将前置机的功能移植到触摸屏,以降低硬件成本。

系统服务器主要分为数据库服务器、Web应用服务器和磁盘阵列。根据风场生产的安全性,以及数据存储20年的要求,系统需按照主、备系统模式布置。当主系统出现故障时,可手动或自动地切换到备用系统,确保安全生产。具体配置方案为:

(1) 2台Web应用服务器(主、备)用于实现系统的各项应用操作,并完成Web发布。

(2) 一个磁盘阵列,两个数据库服务器(主/备)及两个光交换机组成数据存储单元。磁盘阵列预做RIAD1或RIAD5,以确保数据安全。

上述硬件设施结合工程师站、操作员站、通讯管理机、打印机等设备通过工业交换机、VPN服务器、光纤等设备构建成一个完整的风电场监控及信息管理系统。

### 2.2 软件组成

根据系统功能的划分,软件部分主要可以分为3个部分:前置机软件、数据库软件以及Web应用与发布软件。

#### 2.2.1 软前置机软件

根据硬件系统结构的界定,前置机的软件部分和上位机的软件有较大的不同,它的安全性和稳定性直接影响着整个系统的性能。功能上必须具备以下要求:

(1) 具备采集各类风机控制器及其他外部设备数据的能力,并以统一的通讯协议传输数据。

(2) 具备简单的数据处理能力。对采集到的数据进行预处理,并将结果上传给中央系统。

(3) 具备数据缓存及断线续传能力。自动监测数据通道状态,当与中央系统通讯中断时,自动缓存运行数据,待通讯恢复后将缓存数据上传并清空缓存。

(4) 恶劣环境下长时间运行的稳定性和安全性。前置机的软件可选择市场上比较成熟的SCADA/HMI组态软件。首先,这类软件长期应用于工控领域,稳定性和可靠性有充分的保障,并集成了工控行业大部

分的通讯协议,特殊协议的驱动开发和集成相对容易,能够满足目前风电场数据采集和协议转换的要求。其次,SCADA/HMI组态软件具备较强的数据加工及处理能力。另一方面,SCADA/HMI组态软件自带的实时数据库为前置机数据缓存和断线续传功能创造了条件。使用SCADA/HMI组态软件的另外一个因素是可将前置机功能与风机塔筒内HMI功能合二为一,研究者利用软件自带的组态功能,可制作风机就地HMI界面。

#### 2.2.2 数据库系统软件

风力发电机组是一个复杂的运行系统,数据量大、实时性高,其中很多重要数据需要及时处理和保存及压缩管理,以供将来进行数据查询分析或绘制报表<sup>[5]</sup>。因此,一个完备、大型的数据库是必不可少的,它可以对有关风电场的操作数据、测量数据及诊断数据等信息进行有效的计算机规范化管理,从而保证风电系统管理的便利及有序化,使公司管理层、维护工程师及客户根据需要及时获取数据和信息,同时还可以借助该数据库实现风机故障诊断的专家系统<sup>[6]</sup>。本研究在数据库软件的选择上采用Microsoft公司的SQL数据库,其功能丰富,运行稳定,与Windows系统全面集成,能够满足系统对于数据保存、数据处理、数据查询的要求。

#### 2.2.3 Web应用与发布软件

应用服务器是运行于风场监控中心的核心服务器,主要是通过软件平台实现风电场监控及信息管理系统各项功能的应用及操作,而这个软件平台通过一种安全、基于Web的基础架构,来实现多种功能及节省潜在费用。基于Web的软件平台独立性是非常重要的,这使得它们十分灵活,可以运行在不同操作系统的计算机设备上,既增加了跨越系统访问性和可维护性,也保护了以前对应用的投资。

软件在结构选择上采用B/S三层架构模式,即客户层,中间层和数据层,软件三层架构模式如图1所示。客户层实现了用户层的人机界面。利用普通浏览器通过局域网或Internet直接访问Web服务器来开展服务。中间层包括Web发布服务以及功能应用服务。Web发布服务主要负责同客户端的信息交互,功能应用服务通过对数据层进行数据的读取、存储以及计算操作,完成功能客户端功能需求。数据层主要完成同硬件设备之间的数据采集工作以及历史数据的存储和管理<sup>[7]</sup>。

本研究采用B/S三层架构模式,一方面,客户先与中间层建立数据连接,再由中间层对数据层进行数据交互,避免了用户对数据层的直接访问,大大增强了

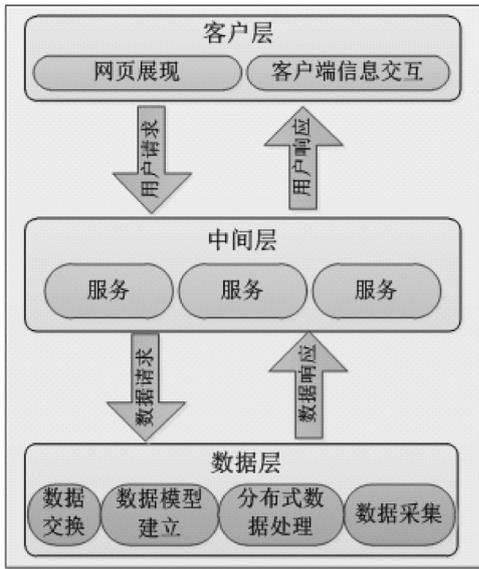


图1 软件三层架构模式

系统的安全性和稳定性。另一方面,新增的用户需求只需在软件中间层增加相应的功能模块,而客户层和数据层不做任何处理,提高了系统的二次开发能力以及可维护能力。因此,该种软件结构设计越来越受到软件开发商以及用户的欢迎,被广泛应用到各个领域。

### 3 系统关键技术的分析和实现

#### 3.1 不同风机、设备数据的接入及设备数据模型定义

实现该技术要完成两个步骤:数据接入和统一数据模型的创建。数据的接入,通过前面前置机功能的介绍已经解决。而统一的设备数据模型的建立,是实现不同厂家设备统一监控及管理的关键。根据风电场内的不同设备划分,系统将数据划分为风电机组数据,气象数据,外部设备数据等各大块。并且对每一块数据内容都做了详细的定义划分。以风电机组数据为例,风电机组数据由公共信息和私有信息两部分构成,公共信息指的是同类组件共同拥有的参数部分,该部分信息是实现不同厂家设备互操作的前提。私有信息指的是该类组件特有的数据部分。每一台机组数据划分为机组通用信息、风轮信息、齿轮箱信息、发电机信息、变流器信息、机舱信息、偏航信息、塔筒信息、变桨系统信息、箱变系统信息等十几个组件。每个组件包含多个部件,如发电机定子绕组、驱动轴非驱动轴、冷却风扇等。每一个部件又由多个参数(温度、压力、电压、电流等)构成<sup>[8]</sup>。数据模型的分解如图2所示。

参数模型的创建可通过系统的参数配置表来实现(公共参数的数据模型创建如图3所示)。公共数据部分数据的创建,通过鼠标的点击、选择操作来完

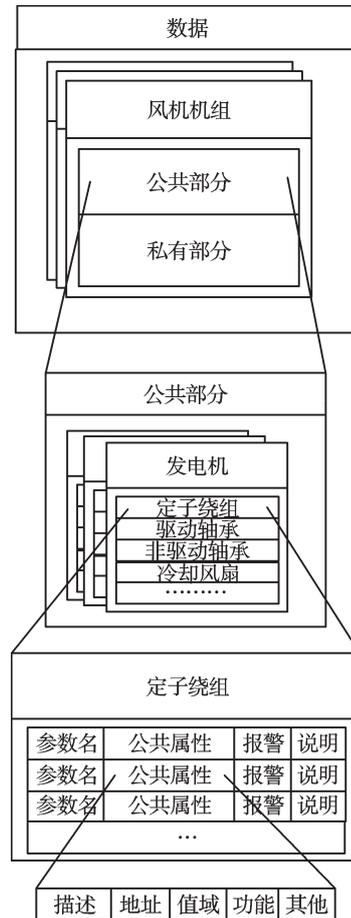


图2 数据模型的分解

图3 公共参数的数据模型创建

成。图3定义了一个机组发电机定子绕组温度 Turbine.Generator.Stator.Temperature 的公共点,该点信息被系统内部功能块自动识别,并加以应用。私有部分可以通过手动添加来完成模型创建。为了提高配置效率,数据模型的创建也可以通过表格编辑、导入的方式来完成。

#### 3.2 历史数据的断线续传功能

前置机端通过实时数据库记录当前运行数据,每个数据点以二维表格的形式保存于数据库中。每条数据记录的保存格式为:

点名称	记录日期	记录时间	最大值	最小值	平均值	当前值
-----	------	------	-----	-----	-----	-----

数据记录的频率根据功能需求可设定。在中央监控系统的应用服务器内部,也存在同样形式的表格,记录着风场所有风机设备的原始数据。该表上的原始数据可通过软件的ODBC数据接口保存到数据库服务器。

当网络发生故障时,前置机开始记录并保存一段时间的数据。中央服务器一侧监测到无法获取正常数据,开始在每条数据记录的报警栏打上标记。当通讯恢复正常时,中央服务器根据标记数据的起始时间和结束时间,访问前置机数据库,并将相关数据复制到中央服务器侧,完成丢失数据的更新覆盖。该功能在实现过程中必须注意以下几点:

- (1) 前置机与中央服务器要求时钟同步。
- (2) 前置机与服务器的数据记录频率要求统一。
- (3) 前置机存储空间有限,无法长期缓存数据。

这时,需要在存储空间、最大缓存时间、数据记录频率以及需要缓存的数据种类和个数之间做一个折中的选择。

### 3.3 分布式数据处理

随着风场接入风机数量不断增加以及对数据处理要求不断地提高,控制中心普通的一台数据库服务器将无法同时满足性能及功能上的需求,靠单一的提高硬件配置或者扩大服务器规模并不是解决问题的根本办法。而采用分布式的数据处理方式,可有效解决这个问题。分布式数据处理方式如图4所示。

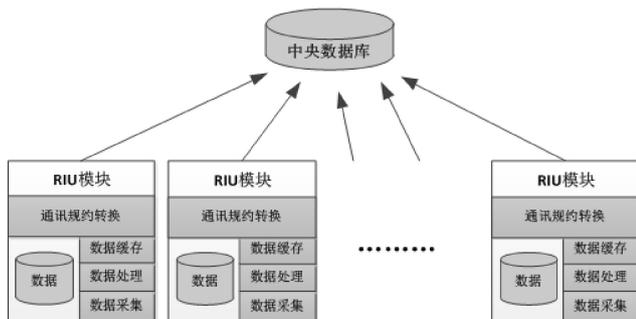


图4 分布式数据处理方式

前置机由于采用SCADA/HMI软件,可根据需求,对采集到的实时数据进行计算、处理,并将处理后的结果发送到控制中心数据库,供系统直接调用。每台风机都是一个独立的数据节点,中央系统可选择性的导入节点的功能画面和数据。由于本研究采用了这种多线程分布式的数据处理方式,大大缓解了中心数据库服务器的数据处理压力,也提高了系统风机数量的接入能力。

### 3.4 SCADA 监控界面的Web实现

本研究通过.net及Java技术,利用HTML页面的

制作工具来制作监控画面,并利用Java动态效果对过程进行仿真模拟,配合Flash动画、Photoshop等工具完成系统画面的制作。在信息交互上,应用XML技术,通过微软IE和数据库提供的XML语法分析器,实现了SQL数据库对HTTP的数据访问能力,即在浏览器中检索数据库数据,检索结果以XML行集的形式返回。由于XML的内容和式样是分开的,XML从服务器将内容传给客户端同时,也将与之关联的式样发送过来,大大降低了客户端与服务器的交互,减轻服务器压力<sup>[9]</sup>。

### 3.5 视频监控功能的集成

其主要技术原理为平台系统与视频监控系统后台建立联动机制,通过数据平台提供的数字、声音、图像服务来完成日常的运行与维护操作,包括风场设备常规监控与风机健康状况的诊断、故障的排除、远程专家诊断等。其实现方式为:

(1) 后端视频联动。双方需要约定风电场监控及信息管理系统与视频监控系统后台的通讯协议。通过该协议建立系统间的通讯接口。在视频监控后台中,摄像头设定相应预设位置,角度等相关信息,并与唯一的ID编号绑定。该ID编号用于与风电场监控及信息管理系统建立联系。

(2) 实时视频数据请求。本研究使用SDK在风电场监控及信息管理系统上进行视频功能开发。在监控界面中添加视频窗口,该视频窗口利用视频控件请求指定摄像头的实时视频数据,并显示在视频窗口上。

## 4 实验及结果分析

该系统目前已部署于南方某风电场监控中心。该风场拥有39台机组,分别由两家整机厂提供。系统采用DELL公司的R720服务器,CPU为2块至强E5-2640,内存为32 GB RDIMM,配4×2 TB SATA硬盘。塔底HMI采用研华公司的TPC-1551-WT宽温触摸式工业平板电脑。该系统得益于系统底层的组态软件丰富的数据接口,在数据接入上成功实现了多种设备的数据整合,包括箱变、门禁、消防、视频监控等。

在数据处理上,该系统由于采用分布式的数据处理方式,整个风场25 000个数据点实现了250 ms的数据采集周期、500 ms画面刷新周期,满足了业主对于数据实时性的要求。通过对关键数据点的选择,以塔底HMI触摸屏250 M数据缓存空间的微弱代价,获得了通讯中断一个月期间的数据恢复功能,为系统的数据连续性及系统的稳定性提供了保障。

在系统功能上,该系统实现了不同机型的合并运行报表以及统一的数据分析工具。借助于系统的开

放性和灵活性,该系统实现了业主对于界面和功能方面的定制要求。经过实际测试,系统在稳定运行状态下只占用了不到10%的CPU和内存开销,而硬盘性能成为系统的主要瓶颈。在后续系统的硬件配置中可大幅降低CPU和内存的配置,采用性能更为优越的SAS硬盘替代SATA硬盘。该系统实际运行时的部分监控界面如图5~7所示。

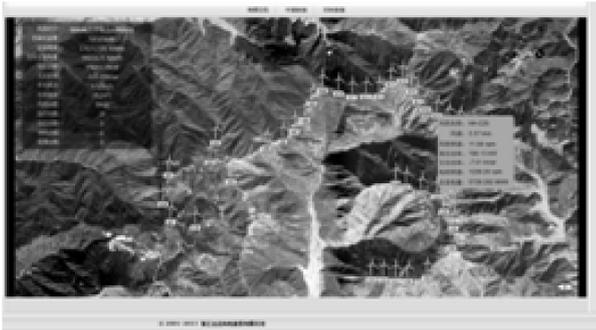


图5 风场总览监控画面

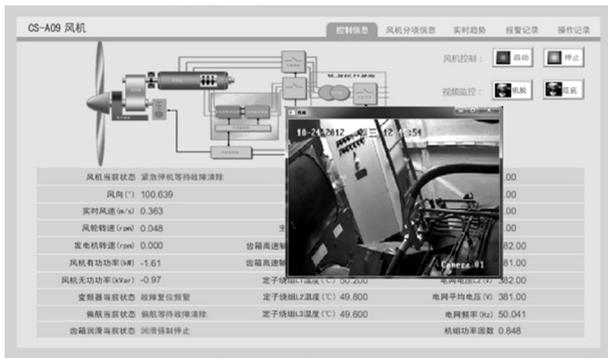


图6 单机及视频监控画面

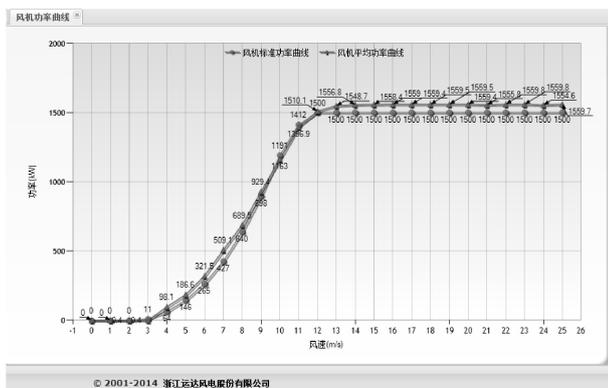


图7 机组数据分析图表

## 5 结束语

该系统的成功部署和稳定运行表明,该系统可以以较低的软、硬件成本实现系统的设计初衷并满足业主的定制化需求,合并报表及统一的分析工具大幅提高了风电场的日常运维管理效率。系统的开放性及其灵活性有效降低了业主的系统定制及扩展成本。在实际使用过程中笔者也发现,该系统的部署、配置及维护等工作需要具备较强相关专业技能的工程师来完成,部分功能的定制需要通过编写代码才能完成,不利于系统的推广。

下一步,本研究将着力提高该系统的易用性,通过简化安装过程,增加系统配置界面,使用户通过傻瓜式安装以及相对简单的配置即可完成系统部署并实现业主的定制化需求。该系统的投运对于国内风电场监控信息智能化的发展有着积极的推动作用。

### 参考文献(References):

- [1] MARTINOT E. Global Renewable Energy Outlook [R]. Global Wind Energy Council, 2005.
- [2] 李俊峰,蔡丰波,乔黎明,等. 2013中国风电发展报告[R]. CREIA, 2014.
- [3] GIEBEL G, GEHRKE O, MCGUGAN M, et al. Common Access to Wind Turbine Data for Condition Monitoring—The IEC 61400–25 Family of Standards [C]//Proceedings of the 27th Riso International Symposium on Materials Science: Polymer Composite Material for Wind Power Turbines, September 4–7, Roskilde, Denmark: 2006: 157–159.
- [4] 张颖,栗时平,梁运华. 基于 Internet/Intranet 技术的 SCADA/EMS 设计[J]. 高压技术, 2005, 31(9): 65–68.
- [5] 龙讯,柴建云. 基于组态软件的风电场远程监控系统的研发[J]. 能源与环境, 2007(2): 77.
- [6] 宋晓萍,廖明夫. 基于 Internet 的风电场 SCADA 系统框架设计[J]. 电力系统自动化, 2006(17): 83–93.
- [7] 王茜,邹悦临. B/S 三层架构模式的使用分析[J]. 企业技术开发, 2009, 28(6): 108.
- [8] 钟珩,段斌,苏永新,等. 基于 IEC 61400–25 的风电场风力发电机组配置[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(5): 91–95.
- [9] 吴敏. 基于 XML 的数据交换技术研究[J]. 科技创新导报, 2009(6): 24.

[编辑:洪炜娜]

### 本文引用格式:

赵国群,徐劲松. 基于 Web 的风电场监控及信息管理系统的设计与研究[J]. 机电工程, 2014, 31(12): 1623–1628.  
 ZHAO Guo-qun, XU Jing-song. Research and design of the Web-based wind farm scada and information management system[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2014, 31(12): 1623–1628.  
 《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>