

光伏电站监控系统的研究与实现^{*}

谢敏 陈旭

广西大学计算机与电子信息学院, 南宁, 530004

摘要 为实现对光伏电站的运行状态进行全方位的监控, 研究并设计实现光伏电站的监控系统来对电站数据进行监控。该系统集成在信息平台上收集的数据信息, 使数据以直观的方式显示。其中, 静态数据包括设备的生产年份、质量、数量和地理位置等, 动态数据主要包括随时间变化的光伏电池瞬时输出电压、输出电流、并网电压、并网电流、电站内部温度、日发电量、总发电量等。通过建立一个正常运行状态的数据库集, 实现对一些故障状态进行预警。

关键字 光伏电站, 监控系统, JAVA, 数据库

Research and Implementation of Monitoring System for Photovoltaic Power Station

Xie Min Chen Xu

School of Computer, Electronics & Information Guangxi University
Nanning 530004 China
gxxiem@163.com

Abstract—In order to monitor the operation state of photovoltaic power station in all directions, the monitoring system of photovoltaic power station is researched and designed to monitor the data of the power station. The system can be integrated into the data information collected on the information platform, and then the data can be displayed intuitively. Among them, the static data includes the year of production, quality, quantity and geographical location of the equipment, and the dynamic data mainly includes the instantaneous output voltage, output current, grid-connected voltage, grid-connected current, internal temperature of the power plant, daily power generation, total power generation and so on. At the same time, it can also establish a database set of normal operation state, and then warn some failure states.

Key words—Photovoltaic power station, Monitoring system, JAVA, Data base

1 引言

随着社会的不断发展, 人们生活水平提高, 科技创新也不断加快, 但这些都是需要足够的能源来作为后盾的。由于当前各个国家对各类不可再生能源例如煤炭、石油、天然气的过度采集, 造成了各类能源短缺和各种污染加剧的现象。全球变暖、温室效应、雾霾天气、资源匮乏等不仅对人们的生产发展造成了严重影响, 而且还极大地威胁着人们的身体健康。种种因素导致我们意识到寻找一种清洁可再生能源已是一个刻不容缓的任务, 因此, 像太阳能这种储量较大、环保和普遍存在的可再生的能源受到了人们的青睐, 像无动力太阳能这样的可持续能源也进入了发展的春天^[1]。在光伏产业中, 太阳能光伏电站这种以光能转化为电能的技术尤显得为基础和重要。太阳能光伏电站的优点众多, 它运行相对稳定, 清洁无污染, 维修

方便, 所以在工业、家用、交通甚至航空领域都得到了广泛的应用^[2-3]。

为了保证光伏电站中的各个硬件设备都能处于正常稳定的工作状态, 减小故障甚至事故的发生, 我们必须对光伏电站的设备情况和运作状态进行持续监控, 同时搜集、处理和分析与之相关的数据进行研究。为此, 本文设计与开发一个光伏电站的监控系统, 以实现电站数据进行监控。

2 系统架构设计

光伏电站监控系统以其数字化的精确监控智能化采集数据、现代化管理和便捷操作的特点, 确保光伏电站高效率且安全可靠的运行, 加之预防故障的作用, 为电站维修人员以及用户带来了极大的方便。

本文设计实现的光伏电站监控系统主要分为三大网络架构, 包括电站层、通信层、主站层。整个系统由四大模块组成: 数据采集模块、通信模块、数据服

^{*}基金资助: 本文得到广西科技重大专项(桂科 AA21077007)资助。

务模块、数据交换模块^[4]。在接收数据之后，数据服务中心将数据存储在后数据库，再此进行处理，并传送到客户端，监控客户端搜集整理相关联的信息，通过处理展现出实时曲线，例如电压、电流、发电量等。同时，客户端还可以存储和调用历史数据用以数据对比与故障报警等。为个体的飞行经验，最后所有的个体都知道这个群体中的最优适应值，并将其坐标作为社会经验。

3 系统开发的关键技术

光伏电站监控系统开发的关键在于平台和模式的选择，目前，J2EE 平台是比较优秀的开发大型系统的平台之一^[5]。MVC 模式将业务逻辑分离为独立的层，因此我们只需要修改模型层就能够应对逻辑层的变化，从而提高软件的适应性，每层可以部署在不同的物理服务器上，这样有利于减轻一台服务器的信息访问负担。它的实现是基于 JAVA 语言以 Eclipse 为平台的设计，该系统操作简单、易于推广。如能完成设计，其将为光伏电站的管理维修人员以及用户体验都带来的巨大的便利，使他们及时了解电站数据，及时处理电站中可能出现的故障。

本文系统设计的主旨是利用 Java 语言设计出一种可以对光伏电站的运行中一些数据进行监视的系统，其中大概包括静态数据如电站的地理位置、硬件设备的制造日期、型号等以及动态数据主要包括电流、发电量、光电转换效率、p-v、i-v 数据曲线等。主要目的是使用户可以更加了解自己使用的光伏发电产品，并监控电站是否工作在正常状态，以便防范故障与未然；可以使电站相关维修人员可以更加直观地了解电站的各项运行情况，并针对数据异常点更加快捷的找到故障源头并加以维修；可以使光伏发电生产厂家对自己的产品进行产后监控，进而升级产品，改进缺陷。系统开发使用的开发平台是 Eclipse2016，虚拟服务器为 Tomcat8.0，使用数据库 MySQL 和 JDK7.0^[6-7]。

系统需要使用 JDBC 链接，JDBC 连接就是系统和数据库进行交互的通道。我们可以使用预先编写的数据库连接工具类，与属性文件一起完成 JDBC 连接，方便快捷。这里需要将 SQL 驱动程序执行构建路径即 Build Path，否则将无法成功建立 JDBC 连接。

4 光伏电站监控系统的设计与实现

设计细分为几个步骤：第一步是数据库的设计，第二步是系统界面的设计，最后是功能模块的设计，如用户注册和注册。

数据库的设计包括确定 MySQL 数据库中系统所需的表结构以及输入测试数据。

系统界面的设计是完成 JSP 部分页面的编程，该页面分为登录页面，注册页面，菜单页面，首页，系统主页面和各功能的显示页面。

系统功能模块设计包括每个功能所涉及的实体类，此外，还配置了设计和配置文件中所需的 JAR 包。

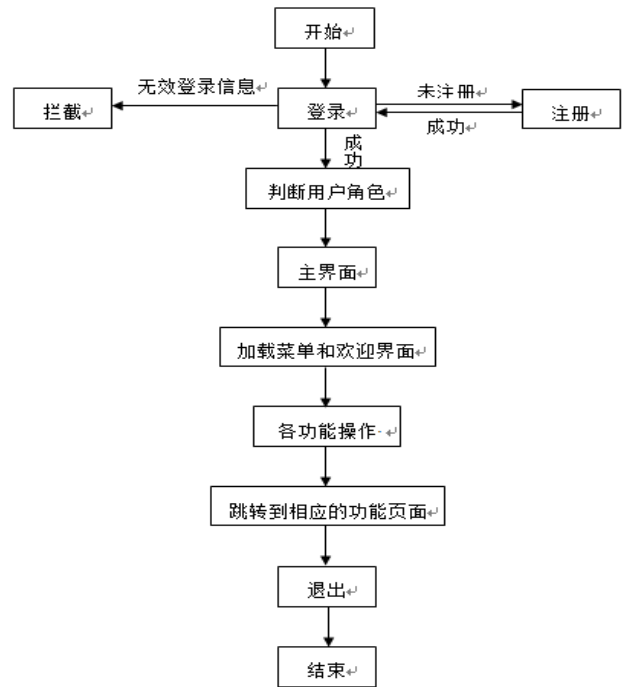


图 1 系统设计图

4.1 系统功能模块设计

本文系统处理的数据大致分为三种：一个是系统的管理数据，在一个是用户信息数据，最后是光伏电站运行数据。为此，本文系统主要由用户注册与登录、系统管理、光伏电站信息、电站数据监控、个人信息等几个功能模块组成。

(1) 用户注册与登录模块

登录和注册模块使用的实体类和 Dao 层与用户相同，因此这里仅描述 servlet 层。此设计把登录、注册和退出三个函数在 SysServlet 一起写入。

用户和维修人员必须通过登录才能进入系统，对于初次使用系统的读者，还需要先进行注册，注册成功之后才能进行登录进入系统。读者在进入系统的之后，能够对个人信息进行修改，可以浏览监控信息，还可以通过系统进行模拟条件的数据预测，登录界面与系统界面之间需要建立连接，用于登陆成功之后页面的转换。

(2) 系统管理模块

该模块的功能是系统的管理，主要是字典，菜单

以及角色的管理,系统管理主要的功能就是对系统的一些数据进行管理。

(3) 电站信息与数据监控模块

该模块是系统的核心模块,主要管理电站的一些基本信息,用户进入系统后可对一些基本硬件信息进行查询。光伏电站运行数据主要包括两部分,一个是静态数据,一个是动态数据。静态数据存储的信息主要有设备的生产年份、质量、数量和地理位置等,动态数据主要有随时间变化的光伏电池瞬时输出电压、输出电流、并网电压、并网电流、系统温度、电网频率等^[8]。此外,还有一些外界条件因素如光照强度、空气湿度、风速等。用户可以通过手动输入外界条件来模拟动态数据曲线。这样可以为用户和维修人员快捷、精确、高效的提供多种优化太阳能光伏电站的信息,还可以提供一些报警的方式迅速发现系统中显示的故障信息,以达到快速解决问题的目的。

4.2 数据库设计

数据库的设计旨在设计一种在给定软件环境和硬件中具有快速响应,大容量和较少内存的数据库模型。根据系统功能的需求来设计数据库,进而形成一个具体的概念模型。数据库主要建立三个表:实时数据表;历史数据表;采集点描述表,也可以根据实际情况建表。

数据库设计主要是通过系统分析建立相应的表结构,建立每个表结构与相应功能模块之间的关系,为后续工作做好准备。接着有各个部分的运行代码展示,接口设计和系统设计功能可以同时完成,系统是一个子模块开发,每个功能都是开发完成的接口函数和后台程序,形成一个完整的功能。

4.3 数据表的设计

登录信息表,它用于在登录的时候验证身份,只有用户用正确的账号与密码才能登录系统中,使得系统拥有一定的安全性。

静态数据,用于存储电站和电站设备的参数等恒定不变的信息,我们把它分为两个表,一个是电站参数表,如建造日期、年均发电量等,另一个是组件参数表,如器件型号、允许工作的最大电压、最大功率等。

4.4 与数据库的链接

数据库制作完成后,需要与JAVA进行连接,用于引用数据库中存储的数据,其过程如下:

(1) 加载JBBC驱动程序:在连接数据库之前,首先要加载想要连接的数据库的驱动到JVM,通过 java.lang.Class类的静态方法实现^[17]。

(2) 提供JDBC连接的URL。

(3) 创建数据库的连接:通过向 java.sql.DriverManage

请求并获得连接对象来连接数据库^[18]。

(4) 创建一个Statement:Statement分为三种类型。

第一、执行静态SQL语句,通常通过Statement实例实现, Statement stmt =con.create Statement ();

第二、执行动态SQL语句,通常通过PreparedStatement实例实现, PreparedStatement pstmt = con.prepareStatement(sql);

第三、执行数据库存储过程,通常通过CallableStatement实例实现, CallableStatement cstmt = con.prepareCall("{CALL demoSp(?, ?)}");

(5) 执行SQL语句:Statement接口提供了三种执行SQL语句的方法。

第一、ResultSet executeQuery(String sqlString), 执行查询数据库的SQL语句,返回一个结果集(ResultSet)对象;

第二、int executeUpdate(String sqlString), 用于执行INSERT、UPDATE或DELETE语句以及SQL DDL语句;

第三、execute(sqlString): 用于执行返回多个结果集、多个更新计数或二者组合的语句^[19]。

(6) 处理之后可能会出现两种不同的情况,或者是返回的结果是结果集对象,或者是本次操作的记录次数。

(7) 关闭JDBC对象。

4.5 光伏电站监控系统界面设计

(1) 系统用户界面

系统页面大致分为以下两个部分:登录、注册页面和包含左侧菜单页面、顶部页面和欢迎页面的主页面。



图 2 系统登录界面



图 3 系统注册界面

登录页面的主要功能是为用户提供进入系统的通道。验证身份之后，用户可以进入系统。

同时系统也可以为首次使用该系统的用户提供注册链接，以使用户自行注册然后登录。图2为登录页面和注册页面，图3是系统注册界面。

主页面主要可分为三个部分，顶部页面，左侧菜单页面以及中间欢迎页面。

顶页主要用于记录当前登录用户的信息(登录名)和网站的归属，同时设置主页并留下两个按钮，一个用于返回主页面，另一个用于登录状态的退出。

欢迎页面主要是用来显示欢迎信息，以及显示不同菜单的列表信息。欢迎页面展示有欢迎词，一记用户的历史登录状态，如历史登录时间，登录次数等。



图4 光伏电站监控系统界面

(1) 业务菜单

左侧菜单页面是用来显示菜单列表的，用以查询各种与光伏电站相关的数据，主要包括电站参数查询、发电量查询、并网功率查询、并网电流查询、I-V曲线与P-V曲线查询以及故障预测查询等。由于每一个菜单查询都会对应不同的显示界面，而且需要在组件的标签上进行显示，所以每一个查询界面都是由很多相关的组件进行结合，这使得编译的难度加大，各个组

件的相关代码比较多影响了编译程序的运行速度。

(3) 光伏电站监控系统平台

当用户输入正确的用户名与密码时，系统会自动跳转到监控界面(如图4)。

监控界面主要包括上方的用户名显示，修改密码与系统退出，中间则是欢迎界面，下方显示用户的登录历史信息，左边部分则是菜单。用户可以在菜单中选择查看电站的数据以及数据曲线。

在菜单栏中点击相应的菜单，会有相应的数据显示，如图5的P-V和I-V曲线展示。图6为电站发电量的显示，可显示当日发电量和月总发电量。图7为为电站组件的各项参数，包括器件的最大功率、开路电压、短路电流、最大功率点电压和最大功率点电流等。

随着光伏组件的更新换代，光伏功率越来越大，工作点越来越接近最大功率点，因此电站的发电量会逐年增加，图8展示了历史发电曲线，让用户更好的了解历史发电状况，比较更加清晰。

5 开发环境测试

本系统设计所用开发平台是Eclipse2016，虚拟服务器为Tomcat8.0，使用数据库MySQL和JDK7.0。

首先需要配置JDK和JRE的变量环境，java命令被识别的首要条件就是加载类的路径在classpath中，因此就需要在系统变量里新建JAVA_HOME变量和classpath变量，变量值分别为安装jdk的目录和“%JAVA_HOME%\lib;%JAVA_HOME%\lib\tools.jar”^[20]。

编码编写完成后，需要在Eclipse上配置Tomcat服务器才能正常运行代码，完成Tomcat在Eclipse中的配置后，就可以使代码的运行结果在计算机自带浏览器中显示。

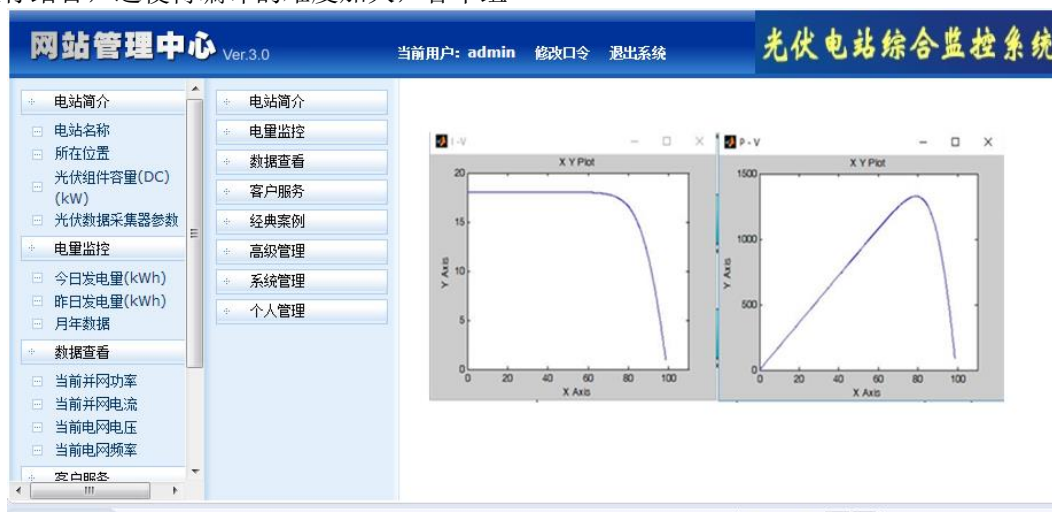


图5 业务菜单界面显示(1)



图 6 业务菜单界面显示 (2)



图 7 业务菜单界面显示 (3)



图 8 发电量历史曲线图

6 结束语

本文研制开发了一个光伏电站的监控系统，可以实现对电站数据进行监控。该系统可以将信息平台上收集的光伏电池瞬时输出电压、输出电流、并网电压、并网电流、电站内部温度、日发电量、总发电量等数据集成起来，使直观的显示方式输出有关数据。系统还可以对一些故障状态进行预警。但是，目前的系统只是做到了监视的作用，并不能在控制方面起到作用。把“监”和“控”结合是一个比较大的工程。下一步工作是完善系统，为用户展现更加实时与多样的数据展示。

参考文献

- [1] 侯骏. 太阳能光伏发电技术初探[J]. 智能建筑, 2015.
- [2] 过杰韦. 金堡 50MW 光伏电站运行与维护[D]. 2015.
- [3] Rupali Chopade,V.K. Pachghare. Ten years of critical review on database forensics research[J]. Digital Investigation, 2019, 29.
- [4] 李真. 智能型光伏电站的远程数据采集与监控系统的设计与实现[D]. 成都: 电子科技大学, 2017.
- [5] 关鑫. 光伏发电系统监控平台研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2017.
- [6] 李云. 基于 DSP 的光伏电站监控系统的设计[D]. 西安: 西安科技大学, 2013.
- [7] 宋丹丹. 并网型光伏电站发电量预测方法的研究[D]. 沈阳: 辽宁工业大学, 2016.
- [8] 杨其昌. 并网光伏太阳能发电系统设计[D]. 沈阳: 辽宁工业大学, 2017.