

学校编码: 10384

分类号_____密级_

学号: X2012231225

UDC _____

廈門大學

工 程 碩 士 學 位 論 文

光伏电站综合自动化监控系统的
设计与实现

**Design and Implementation of Photovoltaic Power Plant
Integrated Automation Monitoring System**

朱广华

指导教师: 史亮 副教授

专业名称: 软 件 工 程

论文提交日期: 2014 年 09 月

论文答辩日期: 2014 年 10 月

学位授予日期: 年 月

指导教师: _____

答辩委员会主席: _____

2014 年 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文《光伏电站综合自动化监控系统设计与实现》是本人在导师史亮教授指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘 要

光伏能源属于清洁能源，在地球生态环境逐渐恶化、化石能源逐渐消耗殆尽的今天，新能源的开拓、开发、产业化发展是人类面临的一个巨大课题，是挑战也是趋势。由于受近些年国家政策利好因素的影响，我国的太阳能光伏发电产业得到了迅速发展，祖国各地区陆续如雨后春笋般建立了一些光伏电站，利用清洁能源——太阳能进行发电。光伏电站通常是建造在人烟稀少或环境恶劣的偏远地区，比如荒漠、大山、戈壁等这类环境，电站运维人员工作环境恶劣。这需要对太阳能光伏电站内的一次设备、发电单元等进行实时监测。伴随着世界科技的发展，信息网络通讯和计算机自动化这两项技术发展迅速且日益成熟，改变了原先需要工作人员定期检查电站的模式，自动监控的应用成为可能。

在本论文中，我们探讨了 (1) 光伏电站综合自动化监控系统的硬件结构以及相关属性，对比分析了分布式、集中式、分层分布式三种系统结构，最终选择分层分布式系统结构；(2) 论述光伏电站综合自动化监控系统的软件设计原则，经过比较分析确定模块化设计原则，将系统分为图形界面模块、报表生成和管理模块、数据库管理模块、通信管理模块等；(3) 采用图表和程序论述了软件的总构架以及各个功能模块的实现；成功完成了光伏电站综合自动化监控系统的具体设计，涵盖了监控系统数据处理进程、人机界面进程、数据采集进程、图形组态进程、数据库组态进程等功能以及实现模式。

系统运行结果显示，本文所构建的光伏电站综合自动化监控系统实用性强，功能全面，具备数据采集、处理、报表生成与管理、实时显示、告警等功能属性，正好符合企业的生产需求，同时系统开放性和可靠性强，有利于改善整个发供电系统的运行经济指标以及可靠性，可显著提高发供电系统管理的信息化以及现代化水平。

关键字：光伏电站；远程监控；管理信息系统

Abstract

Photovoltaic energy is clean energy, gradual deterioration in the global environment, the gradual depletion of fossil fuels today, new energy exploration, development, industrial development is a huge issue facing humanity, is a challenge trend. Due to the impact of national policies favorable factors in recent years, China's solar photovoltaic industry has been developing rapidly, the motherland of each region have mushroomed established some of photovoltaic power plants, the use of clean energy sources - solar energy to generate electricity. Photovoltaic power plants are usually built in sparsely populated or remote areas in harsh environments, such as deserts, mountains, desert and other such environments, poor power plant operation and maintenance personnel working environment. This requires a device, such as solar photovoltaic power plant generating units within the real-time monitoring. With the development of world science and technology, information, communication and computer network automation of these two technologies developed rapidly and become more sophisticated, the need to change the original power station staff regularly check mode, automatic monitoring possible.

In this thesis, we investigate (1) the hardware configuration of PV monitoring substation automation systems and related properties, comparative analysis of distributed, centralized, hierarchical structure of distributed three systems, the final choice hierarchical distributed system architecture ; (2) discusses the software design principles photovoltaic substation automation monitoring system, through comparative analysis to determine the modular design principle, the system is divided into graphical interface module, report generation and management module, a database management module, communication management module; (3) discusses the use of icons and the overall architecture software program and the realization of various functional modules; successful completion of the detailed design of photovoltaic substation automation monitoring system, covering data processing process monitoring system, HMI process, the process of data acquisition, graphics group state process, database configuration process and other functions and

implementation patterns.

The results show that the system is running, photovoltaic substation automation control system constructed in this article practical, full-featured, with data acquisition, processing, production and management reports, real-time display, alarm and other functional attributes, exactly in line with the production needs, while the system strong openness and reliability, will help to improve the operation of the entire power supply system as well as the reliability of economic indicators, can significantly increase the level of modern information technology and power supply system management.

Keywords: Photovoltaic Power Plant; Remote Monitoring and Control; MIS

目 录

第一章 绪 论	1
1.1 研究背景与意义	1
1.2 国内外研究现状	1
1.3 论文主要研究内容	2
1.4 论文组织结构	3
第二章 光伏电站综自系统功能及技术	5
2.1 光伏电站综自系统功能	5
2.1.1 光伏电站特点	5
2.1.2 与常规电站的区别	7
2.2 关键技术	10
2.2.1 软件平台	10
2.2.2 商用数据库接口	11
第三章 系统需求分析	13
3.1 系统可行性分析	13
3.1.1 系统运行平台要求	13
3.1.2 系统数据处理架构分析	14
3.2 功能性需求	15
3.2.1 数据采集及处理	15
3.2.2 事件顺序记录 SOE	17
3.2.3 图形显示及打印	18
3.2.4 控制操作	20
3.2.5 数据库的建立与维护	22
3.2.6 时钟同步	23
3.2.7 系统自诊断与自恢复	23
3.2.8 人-机联系	24
3.3 非功能性需求	25

3.4 本章小结	26
第四章 系统设计	27
4.1 概要设计	27
4.2 系统结构	31
4.3 系统框架设计	33
4.4 系统功能模块设计	33
4.4.1 数据采集及处理	33
4.4.2 事件顺序记录 SOE	34
4.4.3 图形显示及打印	34
4.4.4 控制操作	34
4.4.5 时钟同步	35
4.4.6 系统自诊断及自恢复	35
4.4.7 人-机联系	35
4.5 数据库设计	36
4.5.1 数据库实体属性图及 E-R 图	36
4.5.2 数据库实体属性图及 E-R 图	40
4.5.3 数据库的主要表结构设计	40
4.5.4 实时库的运行和部署结构	44
4.6 系统界面设计	46
4.6.1 显示界面设计	46
4.6.2 交互界面设计	47
4.7 本章小结	47
第五章 系统实现	49
5.1 系统数据库实现	49
5.1.1 数据库组态工具启动	49
5.1.2 添加装置型号	49
5.1.3 添加装置	50
5.1.4 设置遥信属性	51
5.1.5 设置遥测属性	52

5.1.6 设置遥控属性.....	53
5.1.7 关联一次设备模型.....	54
5.1.8 装置复制.....	56
5.2 系统画面实现	58
5.2.1 新建画面，设置画面属性.....	58
5.2.2 在绘图区绘图.....	59
5.2.3 基本图元属性设置.....	61
5.2.4 间隔复制.....	62
5.3 本章小结	65
第六章 总结与展望	66
6.1 总结	66
6.2 展望	66
参考文献	68
致 谢	69

Contents

Chapter 1 Introduction.....1

1.1 Background and Significance1

1.2 Research Status 1

1.3 Research Contents..... 2

1.4 Structure of the Thesis 3

Chapter 2 Related Theories and Technologies5

2.1 The Function of Integrated Automation System in PV Power Station5

 2.1.1 Characteristics of Photovoltaic Power Station.....5

 2.1.2 Data Processing Architecture7

2.2 Key Technology 10

 2.2.1 Software Platform 10

 2.2.2 Commercial Database Interface..... 11

2.3 Summary..... 12

Chapter 3 System Requirements Analysis..... 13

3.1 The feasibility Analysis of the System 13

 3.1.1 Requirements of Working Platform 13

 3.1.2 Analysis of Feasibility of System Data Processing Speed..... 14

3.2 Functional Requirements 15

 3.2.1 System Monitoring Objects 15

 3.2.2 Data of Monitoring Objects 17

 3.2.3 Operation Monitoring Objects 18

3.3 Non functional Requirements 25

3.4 Summary..... 26

Chapter 4 System Design27

4.1 Summary of the design 27

4.2 System framework design 31

4.3 Database design..... 33

4.3.1 Logical database design	33
4.3.2 Physical database design.....	33
4.3.3 Historical database design.....	33
4.4 System interface design	33
4.4.1 Display interface design.....	33
4.4.2 Interactive interface design	34
4.5 Summary.....	36
Chapter 5 System Implementation.....	49
5.1 Database system implementation	49
5.2 Screen system implementation.....	58
5.3 Summary.....	65
Chapter 6 Conclusions and Prospect	66
6.1 Conclusions.....	66
6.2 Prospect.....	66
References.....	68
Acknowledgements.....	69

第一章 绪 论

1.1 研究背景与意义

信息社会，计算机技术日渐成熟，通信网络越来越发达，发布信息越来越简便，信息的交流更具便捷性和广泛性。因此，通过计算机和网络进行适当的管理，并搜集信息成为当今社会必然的发展趋势。同时，对焦点区域、设备等信息的实时采集、监视、管理以及控制等也渗入到各个领域。光伏电站综合自动化监控系统应能够实现较强的交互功能，使用户能够实现方位更加全面的监控。出于用户对于系统要求的考虑，设计该系统时应该充分体现系统操作的便捷性、安全性和实用性，界面也必须简单易懂，方便操作，完成光伏电站综合自动化监控系统的全过程。

21 世纪以网络化、数字化、多媒体化和智能化为代表的现代信息技术正在改变着人们的工作、学习与生活方式，也给光伏电站综合自动化监控系统的内容和发展带来了新的思路，提供了更宽广的发展前景。如何发展和改进光伏电站综合自动化监控系统是一个需要值得思考的重要工作问题^[1]。

1.2 国内外研究现状

由于太阳能属于清洁能源，且可近似认为取之不尽用之不竭的能源，在地球生态环境逐渐恶化、化石能源逐渐消耗殆尽的今天，新能源的开拓、开发、产业化发展是人类面临的一个巨大课题，是挑战也是趋势。由于受近些年国家政策利好因素的影响，我国的太阳能光伏发电产业得到了迅速发展，全国各地陆续如雨后春笋般建立了一些光伏电站，利用清洁能源——太阳能进行发电。对于并网光伏电站，不单是要保证设备的稳定性、确保不对电网造成冲击，同时也要确保采用新技术、新科技、新设备，做到电站的信息智能化。光伏电站通常是建造在人烟稀少或环境恶劣的偏远地区，比如荒漠、大山、戈壁等这类环境，电站运维人员工作环境恶劣。这需要对太阳能光伏电站内的一次设备、发电单元等进行实时监测。伴随着世界科技的发展，信息网络通讯和计算机自动化这两项技术发展

迅速且日益成熟，改变了原先需要工作人员定期检查电站的模式。如今，引入这两项技术，可通过数据信息局域网监控来检查光伏电站综合自动化监控系统。我国从几年前开始加大电站网络监控系统的推广力度，推进电站监控系统的网络化、智能化以及远程分布发展。该系统的发展阶段，主要可以分为三个过程：

第一阶段：这时监控系统的建设模式是在现场布置服务器。实时在线监控能够以点对点的形式实现。用户必须租借光伏电站每个服务器的网址，并且将登录名和密码设置好，才能得到服务。采用这种方式，会导致管理监控的步骤繁杂以及增加投入成本。

第二阶段：此时光伏电站综合自动化监控系统采用的由网络服务器转发模式。这种模式的缺点是不能及时查看数据，在这之前，有一段等待的时间。另外，功能的改进需要不断地升级客户端来完成。数据传输方式存在较大的局限性，而且客户端设置也十分繁琐。优点是可以很好地避免现场设立电站服务器，同时也可以对多个电站进行管理。

第三个阶段：进入到第三个阶段时，光伏电站综合自动化监控系统有了突飞猛进的发展，形成了监控管理平台系统模式。将互联网的互联互通精神发挥得淋漓尽致。B/S 的结构可供用户随意进行监控，不再有电站监控数量和采集形式的限制。为习惯于进行 web 访问的用户提供了很好的便利性。

光伏电站是整个光伏发供电系统的核心组成部分。近些年，光伏电站二次系统历经了两次重大改变，分别为保护微机化和基于计算机局域网的光伏电站综合自动化。目前，光伏电站综合自动化监控系统具备极其强大的功能，分别是：(1) 拥有开放的图形系统；(2) 拥有实时、开放、动态的系统数据库，可以简便查询实时数据和历史数据；(3) 报表系统功能完善；(4) 可良好实现设备与设备之间以及设备与地面监控中心之间的数据传输与通信，抗干扰性能强。

1.3 论文主要研究内容

本文的研究目的是构建一款适用于并网型光伏电站的远程监控系统。基于前期的考察分析结果，本研究充分采用全面开放的系统设计理念以及最前沿的计算机技术，并综合考虑实际使用状况，设计以及实现了分层结构的光伏电站综合自动化监控系统，本文的主要研究内容为：

探讨了光伏电站综合自动化数据通信系统的各种特征，对比研究了现场总线、串行通信、以太网三种常见的光伏电站通信技术的特征参数，并对比分析了光纤、双绞线、微波、同轴电缆等通信介质的技术参数，选择了光伏电站综合自动化监控系统的最佳通信技术和通信介质；对经典 CDT 和 IEC60870-5-103 规约的应用格式进行了解释，并对光伏电站通信系统以及通信网络进行了阐述；详细介绍了 IEC61850 规约以及其全球应用现状和前景；成功完成监控系统的硬件和软件设计，具体涵盖(1)光伏电站综合自动化监控系统的硬件结构以及相关属性，对比分析了分布式、集中式、分层分布式三种系统结构，最终选择分层分布式系统结构；(2)论述光伏电站综合自动化监控系统的软件设计原则，经过比较分析确定模块化设计原则，将系统分为图形界面模块、报表生成和管理模块、数据库管理模块、通信管理模块等；(3)采用图标和程序论述了软件的总构架以及各个功能模块的实现；成功完成了光伏电站综合自动化监控系统的具体设计，涵盖了监控系统数据处理进程、人机界面进程、数据采集进程、图形组态进程、数据库组态进程等功能以及实现模式。诸多实验验证该监控系统的测量技术、实时性以及可靠性后，给出了测量技术指标、实时性指标以及可靠性指标；系统运行结果显示，本文所构建的光伏电站综合自动化监控系统实用性强，功能全面，具备数据采集、处理、报表生成与管理、实时显示、告警等功能属性，正好符合企业的生产需求，同时系统开放性和可靠性强，有利于改善整个发供电系统的运行经济指标以及可靠性，可显著提高发供电系统管理的信息化以及现代化水平。

1.4 论文组织结构

本文先介绍光伏电站综自系统的发展背景，由此引出光伏电站综自系统功能及关键技术，并对系统的需求进行分析，对系统运行平台要求以及系统数据处理速度可行性分析。通过系统监控对象，包括监控对象数据、监控对象操作进行功能性需求的分析，同时也分析了非功能性需求。根据上述分析进行数据库和系统界面的设计，最终完成对数据库和系统界面的运行监控等相关功能。最后对光伏电站综自系统进行总结和相关展望。

本文的具体组织结构如下：

第一章 为本文的绪论，从整体上探讨综合自动化监控系统在光伏电站中应

用的研究背景和研究意义,以及当前的应用现状,为后文进行详细的阐述进行必要的铺垫和简述。同时第一章也包含了本文的组织架构,概括了后文各章的研讨内容。

第二章 介绍了文章中的实现与研究对象,即光伏电站综合自动化监控系统需要存在的基本特性和功能。其面向用户所提供的不仅是各种控制功能、实时监测,而且还存在统计分析以及历史数据存储等功能。

第三章 对光伏电站综合自动化监控系统的功能以及实现用户需求进行可行性分析和整体评估。既包括从监控系统底层软硬件存储空间、计算速度等方面实施可行性调研和分析,也包含对应监控对象客体上所建立的数据集、操作集等的分析和实现的可能性。

第四章 对光伏电站综合自动化监控系统进行整体设计及功能模块、数据库、系统人机交互等详细设计。

第五章 对主要模块进行功能实现。

第六章 总结所做的工作,并提出下一步的研究方向。

第二章 光伏电站综自系统功能及技术

光伏电站综合自动化监控系统除了应具备普通电站综自系统的基本功能外，还应根据光伏电站的特点开发和实现具有针对性的功能；此外，对于普通电站中某些功能在光伏电站中并无实际用处，还应对此进行适当的裁剪。总之，光伏电站综合自动化监控系统应与光伏电站的特点紧密结合，最大化利用软硬件资源，更好地满足光伏电站的各种需求。

2.1 光伏电站综自系统功能

2.1.1 光伏电站特点

2012 年下半年，国家陆续出台了一系列光伏新政，旨在促进光伏产业走向市场化、规范化、可持续发展的道路。无论是一再修改提高的“十二五”规划光伏装机目标，金太阳项目的申报，还有电网对光伏发电准入的允诺……都表明国家正在紧锣密鼓地积极拯救陷入危机之中的光伏产业。

最近几年，国内光伏装机量的快速增长振奋人心。从 2010 年累计不到 800MW，到 2011 年突破 2.5GW，再到 2014 年突破 35GW，国内光伏电站市场正处于大规模启动的关键时刻。国家政策其实已经明朗，就是用下游光伏电站建设拉动上游光伏产品内需。政策刺激下国内光伏电站建设目前已处于暴发的临界点，国内光伏电站建设高潮即将来临！国内光伏电站建设中的三个新特点：

特点 1：“突击抢装”现象突出

根据业内知名研究机构 IMS Research 的统计，前两年国内光伏电站本土市场启动缓慢，实际安装量仅为 720MW。导致上半年国内市场颓废的主要原因有：经济整体放缓、光伏政策不明朗、信贷环境持续恶化、补贴难兑现、并网未解决等。但光伏电站建设集中集中建设是不争的事实。近两年，甘肃、宁夏、新疆、内蒙古和青海等地都在“突击”建设大型地面光伏电站，“抢装”现象十分突出。

在国外成熟市场，“突击抢装”特点也很突出。以德国市场为例，由于德国在年中上调屋顶光伏补贴，致使其前六个月光伏装机容量超过 4GW，其中仅五月

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库