

# 基于视频监控的变电站智能巡检系统研究

李志海,张荣华,张天兵,余 昇,鲁 伟

(国网电力科学研究院,江苏 南京 211100)

**摘要:**变电站巡检工作是保证变电站安全稳定运行的关键工作之一,随着视频监控及数据分析技术的发展,利用视频数据分析技术实现变电站巡检的集中化、智能化,成为变电站巡检的趋势。文中首先分析了变电站巡检工作的现状及应用的局限性,然后介绍了基于视频监控的变电站自动巡检系统。系统通过电网统一视频监控平台(SG-UVP)获取变电站监控视频数据,利用视频对变电站关键设备运行状态的智能识别和判断,实现巡检的集中化、智能化、可视化,同时介绍了相应的建设案例。实践证明该系统对变电站运行维护工作效率提升具有显著的经济与社会效益,具备推广价值。

**关键词:**自动巡检;视频监控;统一平台;智能分析

中图分类号:TP277

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)10-0233-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.10.056

## Research on Intelligence Substation Routine Inspection System Based on Video Surveillance

LI Zhi-hai, ZHANG Rong-hua, ZHANG Tian-bing, YU Sheng, LU Wei

(State Grid Electric Power Research Institute, Nanjing 211100, China)

**Abstract:** Substation routine inspection is one of the key work to ensure substation safe and stable operation. With the development of video surveillance and data analysis technology, using video technology to make substation inspection centralized, intelligent, has become the trend of the substation inspection. In this paper, analyze the current situation of the substation inspection work and application limitations, and then introduce the substation automatic inspection system based on video surveillance. The system gets video data through the State Grid Unified Video monitoring Platform (SG-UVP), according to video intelligence algorithm to identify and judge key equipment and place status, realize the inspection centralized, intelligent and visualized, meanwhile describe the construction of the corresponding case. The practice has proved that the system has a significantly economic and social benefits to improve efficiency of substation operation and maintenance, also with promotional value.

**Key words:** automatic inspection; video surveillance; unified platform; intelligent analysis

## 0 引言

变电站巡检<sup>[1]</sup>工作是保证变电站安全稳定运行的一种重要方式,通过对变电站设备运行状态进行常态的巡检,能够发现变电站设备运行隐患及故障,采取及时有效的检修<sup>[2]</sup>,保证变电站设备的安全稳定运行。目前,变电站巡检工作以人工巡检为主,存在巡检不及时、覆盖面窄、结果准确性差等缺陷,随着变电站无人值守工作的开展以及智能变电站<sup>[3]</sup>建设的推进,人工巡检的难度越来越大,如何采取智能化的手段,实现变电站远程集中巡检,成为当前变电站巡检工作的关键点之一。文中将探讨一种基于视频监控的变电站智能巡检系统,通过视频监控技术实现变电站巡检,实现变

电站巡检的远程化、集中化、智能化、自动化。

## 1 现状分析

### 1.1 变电站巡检工作现状

目前变电站巡检主要通过变电站运行人员进行人工巡检<sup>[4]</sup>,对运行设备进行感观的、简单的定性判断,主要通过看、触、听、嗅等感官判断设备的运行状态。人工巡视能够及时发现设备外部可见、可听、可嗅的缺陷,例如:油位、油温、压力、渗漏油、外部损伤、锈蚀、冒烟、着火、异味、异常声音、二次设备指示信号异常等。

人工巡检受到巡检人员的生理、心理素质、责任心、外部工作环境、工作经验、技能技术水平的影响较

收稿日期:2013-11-22

修回日期:2014-02-26

网络出版时间:2014-07-28

基金项目:中国南方电网科技项目(070000KK52120002)

作者简介:李志海(1982-),男,硕士,研究方向为IP网络与多媒体技术。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20140728.1221.010.html>

大,存在漏巡,缺陷遗漏发现的可能性,且对于设备内部的缺陷,运行人员无专业仪器或者仪器精确度太低,通过简单的巡视是不能发现的,比如油气试验项目超标,设备特殊部位发热、绝缘不合格等缺陷;还有一类缺陷只能在操作的过程中才能发现,如机械卡涩、闸刀分合不到位、闸刀机构箱门损坏等。

另一方面,由于无人值班变电站增多,许多变电站的距离较远,在站内出现事故或大风、大雪及雷雨后因集控站不能及时巡视时,造成集控站值班员不能及时了解现场设备状态,及时发现隐患,危及电网的安全运行,特别是无法及时了解出现问题的变电站情况,失去优先安排处理的机会。

同时,巡视人员巡视设备时需要站在距离设备较近的地方,对巡视人员的人身安全也有一定的威胁,特别是在异常现象查看、恶劣天气特殊巡检,事故原因查找时危险性更大。

综上所述,无人值班变电站的人工巡检的及时性、可靠性差,花费人工较多,存在较大的交通风险和巡视过程风险,巡视效率低下。

## 1.2 电力视频监控系统建设现状

视频监控系统的发展经历了三个发展阶段<sup>[5]</sup>:本地模拟信号监控系统、远程数字监控系统、综合监控平台。目前本地模拟信号监控系统已处于被淘汰阶段,远程数字监控系统作为主要建设模式<sup>[6]</sup>,随着监控技术、计算机网络技术的不断发展,数字化、网络化、标准化、集成化成为视频监控系统主要的发展趋势<sup>[7]</sup>。

就电力行业而言,各省、地市公司在部分变电站、输电线路、营业厅、机房等局部环境中已建设视频监控系统,多采用分散、独立组网方式建设,以本地应用为主,没有形成统一标准,系统间不能互联互通,形成了独立的“信息孤岛”,制约了业务应用共享视频信息的需求,并且运行维护难度较大。总体来讲主要存在如下问题:

(1)标准不统一:各系统之间接口协议、媒体格式不统一,容易形成“信息孤岛”;

(2)运维难度大:由于各业务独立进行系统建设,各自运维,缺乏从全网层面支撑设备可靠运行的技术手段;

(3)系统重复建设:对于视频数据在其他业务应用中已进行了相应维护的情况下,造成功能重叠,重复建设;

(4)视频数据网络组网复杂:目前视频监控数据网络以独立组网<sup>[8]</sup>方式建设,不能互联互通,导致网络结构异常复杂、混乱,严重浪费网络资源。

为规范视频监控系统建设,国家电网公司制定了《电网视频监控系统及接口》企业标准<sup>[9]</sup>,对视频前端

设备通信协议、音视频编码格式、系统功能等进行了规定。同时,依据标准,设计开发了电网统一视频监控平台<sup>[10]</sup>(简称平台),以基于服务的架构(SOA)<sup>[11]</sup>进行设计,通过提供标准服务,支撑前端设备接入、业务系统视频应用需求。平台包括统一接入支撑服务、统一转发分发服务、管理服务、通信服务、录像回放服务、应用支撑服务,实现视频数据按照标准方式集中汇集和全面共享,为统一视频数据网建设提供平台支撑。

目前国家电网公司已完成统一视频平台在全网范围的推广建设。通过该平台统一了视频监控系统建设标准,实现了国家电网公司范围内近30万个摄像机点位集中汇集与统一管理,支撑生产管理系统、输变电状态监测系统、基建管控系统、营销稽查系统,调控中心视频需求,建设统一的系统运维体系,提高视频监控系统建设水平和效率,降低成本。

## 2 目标和定位

### 2.1 系统定位

系统定位为辅助变电站智能巡检<sup>[12]</sup>,作为电网统一视频监控平台应用系统之一,通过电网统一视频监控平台获取视频流数据,结合视频智能分析算法,实现变电站关键设备运行状态、重要场所运行状况的智能识别和分析<sup>[13]</sup>,及时准确提供设备运行告警,并形成巡检报表<sup>[14]</sup>,与生产管理系统集成,实现数据共享,为输变电设备运行与状态检修提供可靠、稳定支撑。

### 2.2 系统目标

(1)遵照“电网视频监控系统及接口”企业标准构建一套变电站智能巡检系统,实现变电站智能巡检管理与应用系统,实现巡检结果的可视化展现。

(2)通过标准接口与电网统一视频监控平台集成,实现视频数据的获取对视频监控设备的控制;通过通信规约实现与生产管理系统的集成,实现巡检告警、结果的共享,并进行联动。

## 3 系统架构设计

### 3.1 总体架构

变电站智能巡检系统采用分层方式设计,由下而上分为接口层、服务层、应用层(见图1)<sup>[15]</sup>。

接口层依据电网视频监控系统及接口标准设计,通过电网统一视频监控平台获取变电站监控视频数据,通过服务层提供的服务在系统应用层进行系统功能的展现,并实现巡检结果与生产管理系统共享。

服务层包括管理服务、告警联动、Web发布等服务模块。管理服务提供用户、权限、巡检管理、数据保存策略、系统运行日志等服务;告警联动实现巡检过程告警管理以及与生产管理系统、电网统一视频监控平台

的联动;Web 发布服务为维护人员提供 Web 服务,巡检人员可通过 IE 浏览器登陆智能巡检系统。

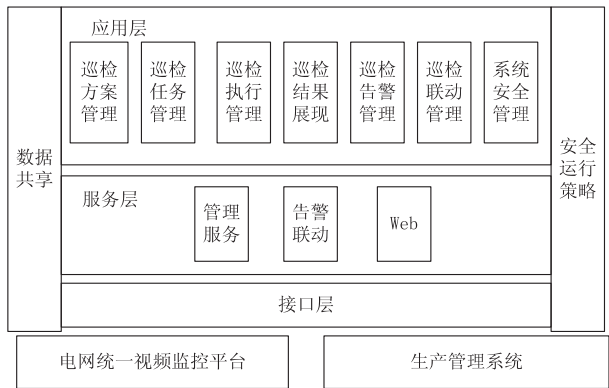


图 1 系统架构

系统应用层功能模块包括:巡检方案管理、巡检任务管理、巡检执行管理、巡检结果展现、巡检告警管理、巡检联动管理、系统安全管理。同时系统提供安全运行策略以确保系统安全、稳定运行。

3.2 数据架构

变电站智能巡检系统数据结构包括巡检过程实时数据、系统管理数据,实现变电智能巡检功能。

3.2.1 数据分类

变电站智能巡检系统数据按照特点分为实时数据、历史数据、资源数据和管理数据 4 种类型,数据分类构成及类型如图 2 所示。

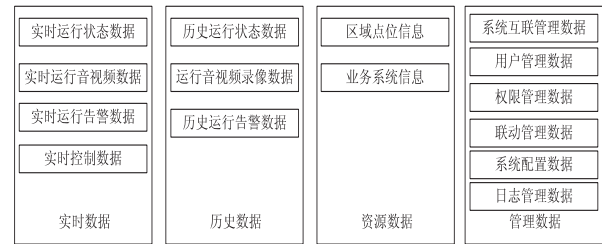


图 2 系统数据分类及构成

(1)实时数据。实时数据为系统运行的直接数据,便于实现巡检过程的指导、规范及协作处理等。这类数据要求实时性最高,要能快速处理并及时转发。

(2)历史数据。主要包括巡检结果历史记录,可作为故障检修和分析、设备运行状态统计分析、巡检执行情况统计分析的依据,为巡检工作开展及设备运行预测、预警等工作提供真实科学的决策支撑。

(3)资源数据。包括系统属性数据、巡检路线信息等。

(4)管理数据。主要包括:系统互联管理数据、用户管理数据、权限管理数据、联动管理数据、系统配置数据、日志管理数据。

3.2.2 关键数据流向设计

关键数据流向如图 3 所示。  
对于实时数据进一步分为实时媒体数据、实时告

警与结果数据、实时控制数据。数据在系统内及系统之间流向如下:

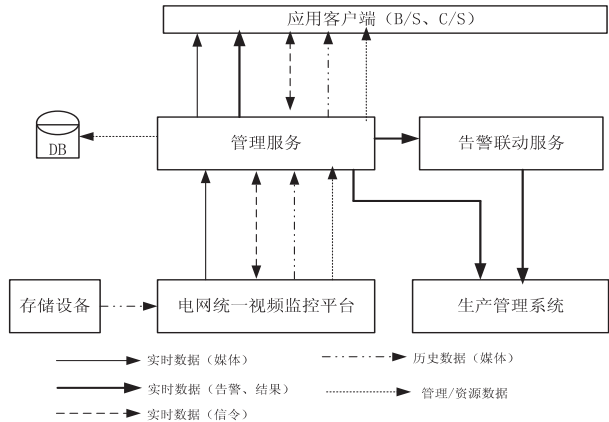


图 3 关键数据流向设计

(1)通过电网统一视频监控平台获取实时监控视频数据,数据通过管理服务获取,实现对变电站运行整体状况的监控;

(2)实现对前端摄像机的控制,包括云台控制、镜头控制等,控制数据通过管理服务转发;

(3)通过管理服务实现历史媒体数据的获取转发;

(4)通过告警联动服务获取告警服务,并转发联动数据;

(5)资源及管理数据在系统内通过管理服务读写、通信。

3.3 逻辑架构

巡检模块包括数据源、业务逻辑层、用户交互层,系统逻辑架构如图 4 所示。

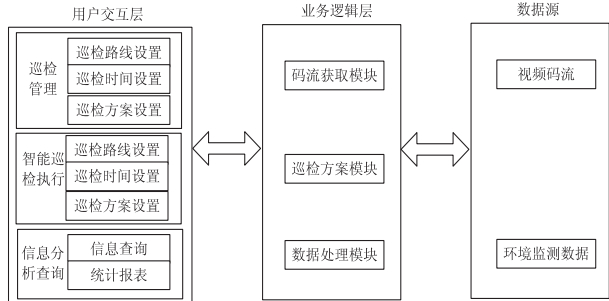


图 4 巡检模块逻辑架构

视频数据源由前端视频采集设备采集的视频源,通过电网统一视频监控平台获取;

业务逻辑层包括码流获取、巡检方案、数据处理三个子模块,其中码流获取模块与电网统一视频监控平台流媒体服务交互获取前端视频流,并与录像模块联动,实现巡检过程中全程录像功能;巡检方案实现模块根据巡检方案执行巡检过程,数据处理模块处理前端环境监测数据;

用户交互层由巡检管理、智能执行管理、信息分析查询组成。巡检管理模块实现巡检路线管理、巡检时



间设置、巡检方案设置功能,智能执行管理实现自动预案联动、手动控制、巡检记录功能,信息分析查询实现信息查询以及统计报表功能。

4 系统功能

4.1 巡检管理

通过智能巡检系统,将变电站设备及场所的图像信息、运行信息集成在一个画面上,实现设备外观和内在运行状态的统一监视与巡检管理。

4.1.1 巡检方案管理

根据实际情况对巡视点、巡视设备、巡视项目等具体巡视内容灵活地定义巡检方案。包括巡视路线、设备、项目的增加、删除、修改,可以任意增加、减少以及调整巡视步骤等;可设置每个摄像机停留时间、摄像机每个预置位停留时间,停留时间可自动设置,也可以通过手动控制。

4.1.2 巡检模式管理

巡检执行分自动和手动两种模式。  
(1)自动巡检。  
自动巡检模式下,系统可跟踪巡检计划自动启动巡检,并对全程进行录像。

(2)手动巡检。  
手动巡检模式下,系统在巡检前 3 天进行巡检提醒,由人工进行远程巡检,并形成巡检日志。

4.1.3 巡检任务管理

系统能够设置巡检周期、时间形成巡检任务,并与巡检模式、巡检方案管理关联形成巡检任务,支撑直接选择巡检任务,设置时间巡检工作开展。  
针对不同的巡视任务,分别定义和修改巡视周期,根据巡视周期和最近巡视日期自动生成每天的巡视作业任务。

4.1.4 巡检结果管理

系统能够提供以巡视日期、巡视作业、运行人员等多种查询,及时显示出漏检、异常情况,并用不同的颜色区分显示。详细查询提供人员到位时间、设备状态。  
可对运行数据进行补充、计算、编辑以及整理后,按照巡视时间,生成巡视记录表。对巡视过程中的异常情况,可按照巡视时间,生成异常一览表,包括补充备注。对于数据记录,可按照巡视时间,生成数据记录表。可以根据用户的要求定制报表类型,如 SF6 的压力表、避雷器的三项电流值等。  
可以根据用户的要求,定制报表格式及报表输出。报表设计简单实用,可以根据需要自行设计,并可输出多种格式以便存档或共享。巡视系统可以根据用户的要求,定制报表格式及报表结果输出。生成的报表以 Excel 格式存储。

4.2 巡检执行

- (1)巡检启动。  
根据巡检任务,启动变电站巡检,支持手动启动与自动启动两种模式。
- (2)巡检记录。  
设计巡检记录表格,支持巡检过程中填写巡检结果,并与统计报表关联,形成报表。
- (3)巡检录像。  
支持巡检过程中录像,实现变电站巡检工作全过程记录,默认情况下自动启动录像,该项功能可通过配置项决定是否在巡检过程中启动。
- (4)自动形成报表。  
支持根据巡检记录以及报表模板,形成报表。
- (5)日志管理。  
系统根据巡检记录,形成巡检报告,并存档。
- (6)智能联动。  
根据变电站设备运行特点,制定自动预案,根据设备告警进行智能联动。

5 应用案例

目前,系统已在部分电力公司完成初步建设。下面介绍一种典型案例,某省级单位在变电站建设基于自动巡检的视频监控及环境监测系统,实现对变电站关键设备及重要场所的监控,并将监控视频及数据上传至省公司电网统一视频监控平台,设备类型包括 43 台标准 IP 数字摄像头,目前系统用户数约 100 个,能够在集控站、调控中心实现对变电站的远程集中巡检,通过巡检系统实现对 4 座变电站主变、刀闸、场地、重要小室进行全景监视与巡检,巡检项目点见表 1。根据平台智能分析算法,实现表计读数的智能识别,开关刀闸开合状态的智能判断并及时将告警信号自动上传至省公司生产管理系统,根据系统报警及时开展变电站设备检修。

表 1 巡检项目

巡检设备	巡检参数	巡检模式	数量
主变油温表	表计读数	智能获取	32
SF6 压力表	表计读数	智能获取	200
开关刀闸	刀闸开合状态	智能获取	10
场地环境	重要场所人员闯入、火灾	远程巡检	5
气象数据	设备及环境温湿度、雨量	远程巡检	5
电容器室	设备运行状态、火灾	远程巡检	8
电抗器室	设备运行状态、火灾	远程巡检	8
站用变室	设备运行状态、火灾	远程巡检	4
电缆室	设备运行状态、火灾	远程巡检	4

系统建成以来,共计稳定运行 3 个月,完成运行 60 次,提交有效告警 22 条,巡检结果准确率达到 99%

以上,满足变电站巡检工作要求。

6 结束语

随着电力视频监控系统建设的不断推进,视频监控建设规模的不断扩大,下一阶段,应着眼于利用大量的视频监控系统实现对变电站无死角全方位巡检<sup>[16]</sup>,并利用视频智能分析技术,提升变电站异常情况的智能分析与判断;同时利用数据分析技术,根据设备运行监控监测数据,进行设备运行状态统计分析与预测预警,最大程度上替代人工巡检,降低人工巡检的工作量,提高变电站运行智能化水平以及提升视频数据的共享水平。

参考文献:

[1] 陈安伟. 输变电设备状态检修[M]. 北京:中国电力出版社,2012.

[2] Gockenbach E, Borsi H. Condition-based ranking of power transformers[C]//Proc of Weidmann- ACTI conference. [s. l.]:[s. n. ],2002.

[3] 覃 剑. 智能变电站技术与实践[M]. 北京:中国电力出版社,2012.

[4] 梁雪梅. 无人值守变电站智能视频监测系统实现设计[D]. 北京:华北电力大学,2010.

[5] 罗世伟,左 涛. 视频监控系统原理及维护[M]. 北京:电子工业出版社,2007.

(上接第 232 页)

参考文献:

[1] 交通运输部. 2013 年公路水路交通运输行业发展统计公报[EB/OL]. 2014-05-13. [http://www.moc.gov.cn/zfxxgk/bnssj/zhghs/201405/t20140513\\_1618277.html](http://www.moc.gov.cn/zfxxgk/bnssj/zhghs/201405/t20140513_1618277.html).

[2] 张少锦,刘文峰. 桥梁智能检测技术的研究及应用[J]. 铁道科学与工程学报,2010,7(5):81-86.

[3] JTG/T J21-2011. 公路桥梁承载能力检测评定规程[S]. 北京:人民交通出版社,2011.

[4] 黄 侨,李忠龙,沙学军,等. 基于应变式传感器的桥梁无线测试系统的试验[J]. 同济大学学报:自然科学版,2007,35(10):1322-1325.

[5] Casciati F, Faravelli L, Borghetti F. Wireless links between sensor-device control stations in long span bridges[C]//Proc of conference on smart systems and nondestructive evaluation for civil infrastructures. San Diego, California, USA:[s. n. ],2003.

[6] Ko J M, Ni Y Q. Technology developments in structural health monitoring of large-scale bridges[J]. Engineering Structures, 2005,27(12):1715-1725.

[7] Pakzad S N. Development and deployment of large scale wireless sensor network on a long-span bridge[J]. Smart Structures and Systems,2010,6(5-6):525-543.

[6] 张秀玲. 视频监控系统研究现状与发展趋势[J]. 科技信息(学术研究),2008(36):341-341.

[7] 雷玉堂. 安防视频监控实用技术[M]. 北京:电子工业出版社,2012.

[8] 国家电网公司. Q/GDW 517.1-2010 电网视频监控系统及接口 第一部分:技术要求[S]. 北京:中国电力出版社,2010.

[9] Tanenbaum A S. Computer networks[M]. 4th ed. [s. l.]:Prentice Hall,2003.

[10] 国家电网公司. 电网统一视频监视平台管理办法[S]. 北京:国家电网公司,2012.

[11] 胡德华. SOA 之道:思想、技术、过程与实践[D]. 上海:上海交通大学出版社,2011.

[12] 周立辉,张永生,孙 勇,等. 智能变电站巡检机器人研制及应用[J]. 电力系统自动化,2011,35(19):85-88.

[13] Dolgui A, Pashkevich M. Extended beta-binomial model for demand forecasting of multiple slow-moving inventory items[J]. International Journal of Systems Science,2008,39:713-726.

[14] Bartezzaghi E, Verganti R, Zotteri G. A simulation framework for forecasting uncertain lumpy demand[J]. International Journal of Production Economics,1999,59(1):499-510.

[15] 张 钊,洪功义,朱 斌,等. 统一视频监控平台在梯级水电站集控中心的设计与应用[J]. 电力信息化,2012,10(11):63-68.

[16] 毛琛琳,张功望,刘 毅. 智能机器人巡检系统在变电站中的应用[J]. 电网与清洁能源,2009,25(9):30-32.

[8] 赵祥模,徐志刚,史 昕,等. 一种基于无线传感网络的桥梁荷载检测系统[P]. 中国:CN200910022454. 8,2009-05-11.

[9] 赵祥模,徐志刚,刘占文,等. 一种基于无线传感网络的桥梁状态监测路由方法[P]. 中国:CN201110269363. 1,2011-12-28.

[10] Younis O, Fahmy S. HEED: a hybrid, energy-efficient, distributed clustering approach for Ad hoc sensor networks[J]. IEEE Trans on Mobile Computing,2004,3(4):366-379.

[11] 郭前岗,杨文杰,周西峰. 基于 Zigbee 技术的起重机远程监控系统[J]. 计算机技术与发展,2012,22(4):168-171.

[12] 刘玉飞,黄 敏,朱启兵. 基于 ARM/GPRS/ZIGBEE 水产养殖远程监控系统设计[J]. 计算机技术与发展,2012,22(9):181-184.

[13] Lynch J P. An overview of wireless structural health monitoring for civil structures[J]. Philosophical Transactions of the Royal Society A Mathematical, Physical, and Engineering Sciences, 2007,365(1851):345-372.

[14] Lynch J P, Law K H, Kiremidjian A S, et al. A wireless modular monitoring system for civil structures[C]//Proc of conference on structural dynamics:IMAC-XX. Los Angeles, California, USA:[s. n. ],2002.

# 基于视频监控的变电站智能巡检系统研究


作者:

[李志海](#), [张荣华](#), [张天兵](#), [余昇](#), [鲁伟](#), [LI Zhi-hai](#), [ZHANG Rong-hua](#), [ZHANG Tian-bing](#), [YU Sheng](#), [LU Wei](#)

作者单位:

[国网电力科学研究院, 江苏 南京, 211100](#)

刊名:

[计算机技术与发展](#) 

英文刊名:

[Computer Technology and Development](#)

年, 卷(期):

[2014\(10\)](#)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjfz201410057.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201410057.aspx)