继电保护在线监视与分析系统的功能提升与实践

继电保护在线监视与分析应用是由保护设备、故障录波器、主子站系统和调度数据网设备组合成的一个综合系统。在电力系统发生故障后，为调度管理部门实时掌握继电保护设备运行状态，及时了解事故性质和保护动作行为提供统一的数据平台和可靠的技术支撑。基于调继（2014）调继80号功能规范，结合当前调度系统实际运行情况提出了一种提升应用水平的功能方案，实践证明，这一方案在继电保护在线监视与分析系统应用中具有很好的使用效果，值得在各级调度系统中推广应用。

张华宁[1] 郑少明[2] 王帆[2] 王宁[2] 刘一民[2] 乔匡华[1] 何鸣一[1] 樊磊[1]/1. 国电南瑞科技股份有限公司 2. 国家电网华北电力调控分中心

张华宁/工程师

关键词/Keywords

保护设备·

监视与分析·

保护动作·

电网故障·

0 引言

基于智能电网调度支持系统继电保护在线监视与分析应用（以下简称保信系统）是实时监控与预警类应用下的一个基本应用，是由保护设备、故障录波器、主子站系统和调度数据网设备组合成的一个综合系统。在电力系统发生故障后，为调度管理部门实时掌握继电保护设备运行状态，及时了解事故性质和保护动作行为提供统一的数据平台和可靠的技术支撑。随着电网运行结构的日益复杂，对保信应用提出了更高的要求，加强保信系统的建设和应用功能的提升是当今继电保护系统和自动化系统发展的必然趋势。

保信系统的应用水平主要体现在继保设备监视和故障信息过滤、分析及处理上。本文依据国调（2014）调继80号《继电保护设备在线监视与分析应用提升方案》提出了一种全新的保护和录波数据管理模式。以华北调控分中心调智能电网调度支持系统为平台在保护设备监视、故障分析等方面显著提升了保信应用水平。对保信系统建设、验收和运行维护等方面具有一定的参考意义。

国家自然科学基金“含大规模间歇性电源的区域电网多源互补调度与控制方法”（51177019）项目。

1 保信系统应用现状

现阶段绝大部分智能电网调度支持平台均已建设继电保护设备在线监视与分析应用，继电保护设备在线监视与分析应用是智能电网调度技术支持系统的实时监控与预警类应用下的一个子应用，对应于传统的保护故障信息管理系统，主要实现对保护装置、安全自动装置和故障录波器等二次设备的运行数据的分析处理，便于调度运行及继保等专业人员实时掌握二次设备的运行状态，辅助调度和保护人员判断故障性质和保护的动作行为,同时为综合智能告警等其他应用提供高可靠性的数据服务。

1.1 系统架构

保信系统应用整体功能分为两大模块：数据应用处理模块和数据采集模块。数据应用处理模块主要负责保护数据与录波数据的模型管理、信息处理及告警、信息存储等，数据采集模块主要负责主子站之间的通信管理、规约管理机信息采集。两大模块均部署在安全Ⅱ

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

区，系统整体架构如图1所示。

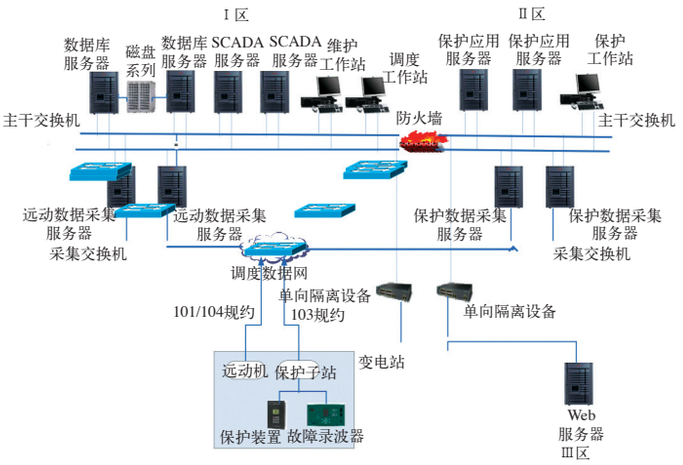

图1 系统架构图

1.2 系统主要功能

保信系统的基本功能包括设备建模、运行监视、故障分析、定值管理、信息归档和统计查询等。系统架构如图2所示。

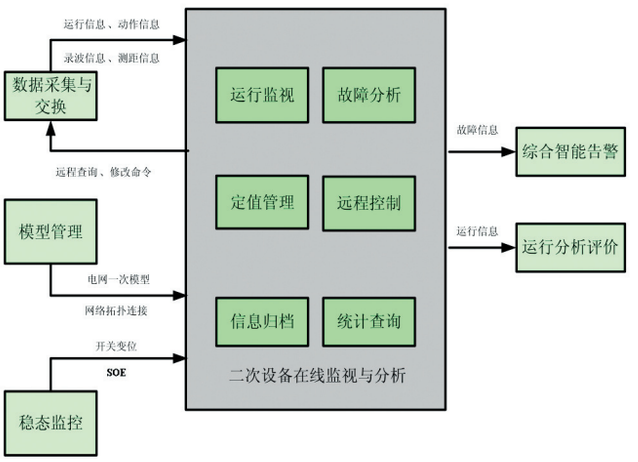

图2 功能架构图

保信系统主要功能是对子站上送的二次设备运行信息、动作事件、录波简报和故障录波等数据进行分类处理，包括事件信息显示和告警、波形分析及数据存储等。同时从稳态监控系统获取开关变位和SOE信息，从模型管理获取网络拓扑分析结果，并向综合智能告警提供故障简报，向运行分析与评价系统提供设备运行信息。

1.3 存在的问题

1.3.1 厂站端保信子站设备故障率高

基于智能电网调度支持系统的保信主站系统解决了调度端专业融合、信息共享的问题，并且提高了保信应用的使用性能，同时使主站的可靠性和维护性得到了加强。但是厂站端保系统仍然是保信系统的短板，质量参差不齐的保信子站和职责交叉不清的二区数据网通道管理导致了保信子站的故障率高、连通率低等问题，制约了保信系统应用的进一步提升。

1.3.2 自动化支撑力度不够

传统的自动化系统只能通过硬接点遥信的方式采集少量的保护信息，不能满足调度监控人员对二次设备监视、控制的需求，当电网发生故障时也不足以支撑开展故障分析。

另一方面监控信息点维护工作量大，验收环节复杂，厂站端的遥信生成组态工作频繁。在智能变电站时代，保护装置不再提供硬接点信号，监控需要从保护软报文中抽取对应信号转换为普通遥信信号上送调度系统。随着变电站无人值守的推进，站端功能、业务和装置的数量日渐增多，需要监控的信号不断扩容，信息点表的维护量也愈来愈大，运维工作量也随之加重。因此无论从提升调控运行技术支持能力方面，还是减轻自动化工作量方面，都需要对自动化支撑保信系统工作进行变革。

1.3.3 无法满足监控要求

现阶段调度监控人员通过智能电网调度支持系统可以对保护信息进行调阅和应用，但是由于保护信息有厂站端保信子站上送，调度监控人员在使用中存在以下问题：①保护信息的传输不稳定，在电网异常或故障时往往由于子站连通上的故障导致保护信息和故障录波无法调阅。②保护信息没有进行分类和筛选，调度监控人员面临大量未加工的保护动作信息，无法及时作出判断和处理。③信息缺失现象频发，故障时刻由于厂站端上送的数据不全或不准确导致保信应用无法合成故障报告或报告中缺失故障相别、故障测距等信息，耽搁了检修的巡线处理。

因此从保信应用的功能提升和发展考虑，必须加强调度各专业的技术融合，积极吸取自动化专业在系统建设和维护上取得的经验，发挥监控专业在主站验收、建设方面的优势，继电保护专业在保护信息综合处理、故障分析上有专业优

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

势，充分利用职能电网调度一体化平台，建立起一套高效实用能服务于调度各专业的继电保护在线监视系统。

2　调度端保信应用提升方案

国调（2014）80号文提出了解决现有系统建设中存在问题的提升方案，结合华北调控分中心D5000系统实际运行情况对现有系统进行功能提升。保信系统作为电网实时监控与预警的重要数据源，在电网故障时为电网调度人员提供实时的继电保护设备动作信息、录波信息和动作故障报告等，便于电网调度运行人员及时分析电网事故，迅速准确定位电网故障原因，快速恢复供电。进一步提高了调控运行技术支撑能力和继电保护运行管理水平， 推进了继电保护设备在线监视与分析建设与应用。

2.1 系统架构

按照调度系统平台一体化设计方案，系统由I区两台采集服务器（复用SCADA采集服务器或者新增）、II区的两台应用服务器、两台采集服务器和若干工作站构成，数据库服务器和文件服务器共用D5000系统的已有设备。继电保护设备在线监视与分析应用部署在安全II区。提升后的系统架构如图3所示。

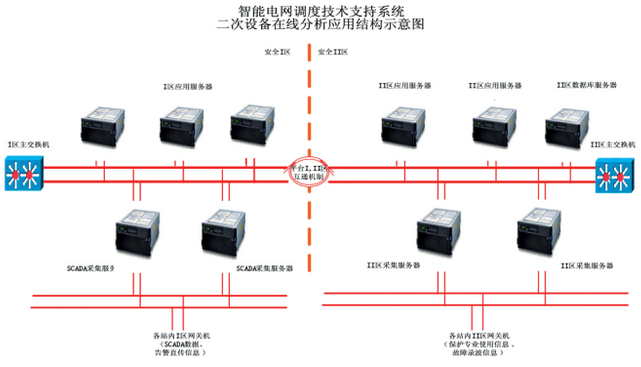

图3　提升后的系统架构

按照调继（2014）80号文件对厂站端继电保护信息应用的要求，站端分别部署I区数据通信网关机（兼图形网关机，配置需充分考虑实时数据上传、103规约通信、远程浏览和告警直传等多种功能的要求）、II区数据通信网关机（综合应用服务器：接收故障录波器信息），保护专业使用信息、保护实时信息由I区数据通信网关机采集并上送至调度端，故障录波信息由II区数据通信网关机采集并上送至调度端，继电保护信息数据流向如图4所示。

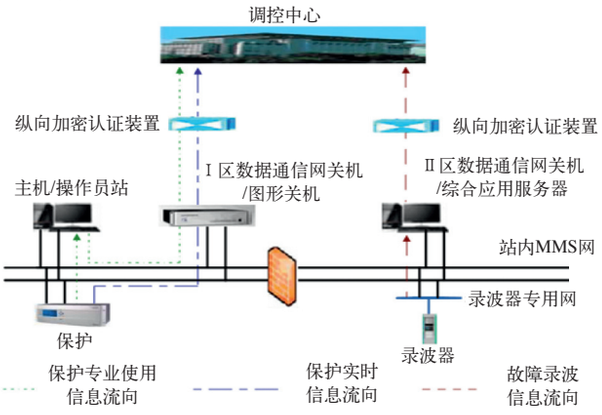

图4　继电保护信息流向

2.2 软件结构

2.2.1 软件基础架构

按照调继（2014）80号文要求，调度端继电保护在线监视与分析应用的架构设计遵循在安全I区部署保护设备在线监视模块，采集保护信息；在安全II区部署保护和录波在线分析模块，实现录波器信息的采集和应用开发。数据流向如图5所示。

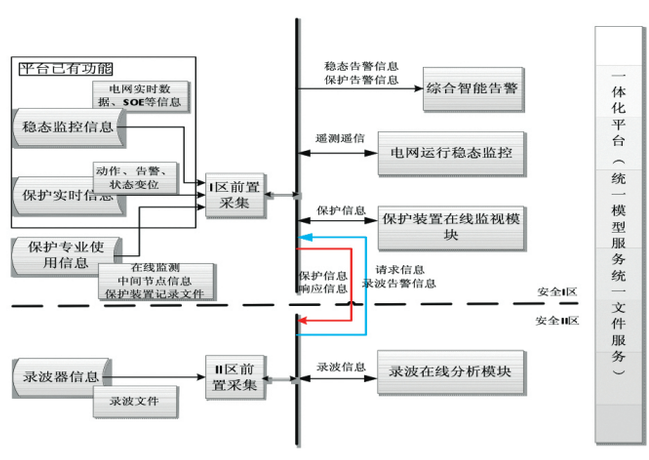

图5　基础数据流向图

2.2.2 现场软件架构

结合华北调控分中心现场实际运行情况，遵循对系统安全性影响最小、不大规模改造而达到调继（2014）80号文功能提升的原则。在基本框架的基础下对软件系统架构做了改造。在安全I区部署保护设备在线监视采集模块负责采集保护信息；在安全II区部署录波采集模块和继电保护设备在线

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

分析模块实现录波器信息的采集和应用开发，安全I区采集的保护信息，通过消息总线发送到安全II区，在安全II区实现保护信息的综合利用。同时在安全I区建立继电保护远方操作数据通道实现调继（2014）143号要求的继电保护远方操作功能数据流向如图6所示。

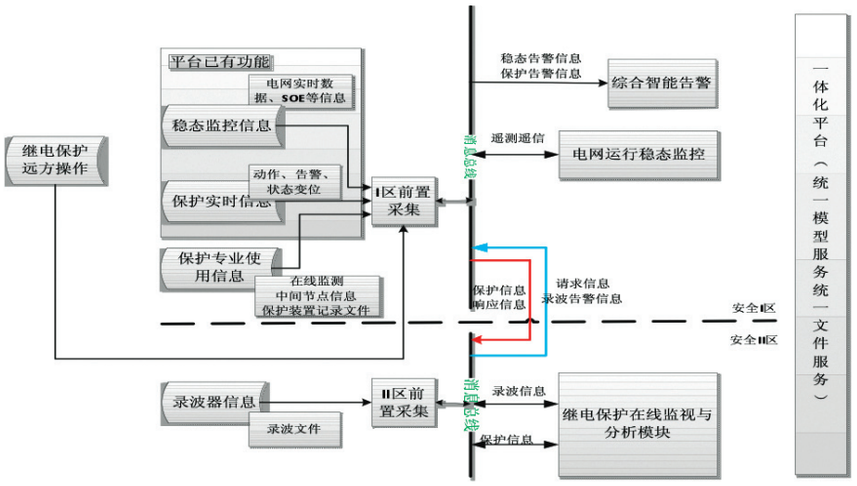

图6 现场数据流向图

从图6中可以看到，保护实时信息的采集建设在安全Ⅰ区，前置系统将采集到的信息通过消息发送至Ⅰ区各应用，同时利用平台消息总线的转发机制将保护实现信息转发到安全Ⅱ区，确保Ⅱ区各应用均可以收到保护实时信息保护继电保护在线监视与分析应用。录波信息的采集部署在安全Ⅱ区，Ⅱ区前置系统将采集到的录波信息发送到Ⅱ区系统，供继电保护在线监视与分析模块使用，同时根据配置将部分信息通过消息总线转发机制发送至安全Ⅰ区使用（如Ⅰ区综合智能告警应用）。

同时系统使用了资源定位和消息转发技术，确保了在D5000系统任一台工作站上（无论部署在Ⅰ区还是Ⅱ区）均可以进行图形化监视和保护信息与录波信息查询，进行继电保护设备及录波设备模型维护、召唤配置、数据查询及告警查询等操作。

整个系统软件结构如图7所示。

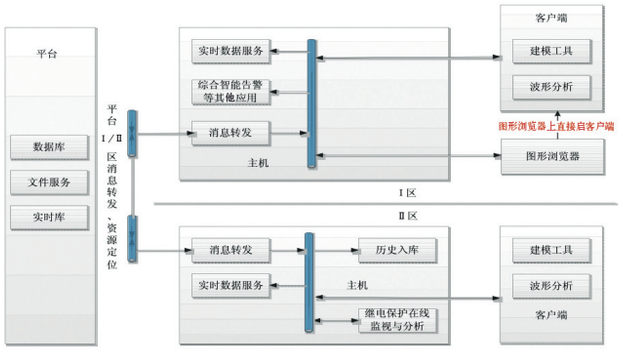

图7 软件结构图

2.2.3 系统特点

（1）平台服务

平台为I区、II区提供统一的数据库、文件、实时库和消息总线服务；提供消息在I、II区之间转发机制，录波分析结果信息通过该机制从II区消息总线转发到I区。

（2）I区模块

保护数据采集功能模块部署在I区前置服务器上负责保护数据的采集，并使用消息转发技术转发到II区继电保护在线监视与分析应用。

（3）II区模块

继电保护设备在线监视与分析应用功能模块部署在II区应用服务器上；通过消息转发机制将录波数据转发给I区综合智能告警模块；继电保护设备在线监视与分析应用功能模块负责处理继电保护和录波器的状态、实时监测信息和告警处理等，同时负责分析录波文件及故障报告的生成。

录波采集模块部署在II区通信服务器上负责处理故障录波器的信息，采集方式可以选择直接连接变电站端的综合应用服务器，也可以与录波主站通信实现录波器信息的采集。

（4）工作站

在工作站上部署人机功能，通过消息转发技术实现跨区召唤，既可以在I区工作站上下发召唤命令至I区保护数据采集服务器召唤保护设备数据并

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

处理也可以下发召唤命令至II区录波数据采集服务器并处理II区，同理II区工作站也可以下发召唤命令至I区保护数据采集服务器召唤保护设备数据并处理。

工作站提供图形化的监视操作界面为使用者提供继电保护装置的状态监视以及对继电保护装置的基本操作、查询等功能；录波分析负责显示Comtrade文件、波形的高级分析功能；建模工具负责从变电站端召唤模型文件，进行继电保护设备建模工作。

3 调度端保信应用提升的实践

3.1 调度端模型维护方式的转变

对于新建变电站并部署I/II数据通信网关机方式的调度端只需实现两类电网模型的建立和维护：

1）继电保护设备模型通过103通信规约通用分类服务召唤厂站级装置模型。

2）一次设备和继电保护设备关联。对于继电保护设备的遥信、事件和告警等更细分的层级模型不再建模。

具体建模流程如下：

1）使用建模工具从厂站端召唤模型，模型中描述了继电保护设备的相关信息。

2）建模工具解析模型信息，调用模型接口，写入模型库。

3）利用D5000平台接口和消息机制完成I、II区模型同步。

3.2 调度端数据管理

3.2.1 优化数据采集的可靠性

继电保护在线监视与分析应用在安全I区通过和站内监控系统的I区网关机进行通信，采集保护实时信息和保护专用信息。数据采集主要采用以下几种方式：

1）对于站内监控系统对继电保护设备的直采信息，通过DL/T634.5104规约传送，采集后该部分数据直接发布到消息总线上供各应用使用。

2）对于继电保护设备传送的实时信息，利用I区前置采集通过DL476规约传送，采集后该部分数据直接发布到消息总线上供各应用使用。

3）对于继电保护设备的在线监测、中间节点信息和保护装置录波信息等保护专业使用信息，以文件形式通过I区的前置采集完成。传输方式遵循《电力系统通用实时服务协议》和《电力系统动态消息编码规范》。

4）通过Q／GDW 273－2009《继电保护故障信息系统技术规范》实现主子站之间通信继电保护在线监视与分析应用在安全II区通过和站内监控系统的II区网关机通信，采集录波器的信息，该信息以文件形式通过II区的前置采集完成。

数据采集主要采用以下几种方式：

1）传输方式遵循《电力系统通用实时服务协议》和《电力系统动态消息编码规范》。

2）通过Q／GDW 273－2009《继电保护故障信息系统技术规范》实现主子站之间通信。

3.2.2 加强继电保护基础数据处理的处理能力

继电保护在线监视与分析应用主要采集以下数据信息：继电保护设备配置参数、事故信号、异常信号、告知信号、保护录波文件、集中录波文件和SACDA稳态信息。其数据获取主要通过以下3个途径：

1）通过与厂站端I区网关机通信或保信子站，可直接采集到的实时数据主要有：①继电保护设备运行状态信息，包括投运、检修、退出状态、继电保护设备的通信状态、继电保护设备自检告警信息等，这些信息在反映了继电保护设备的基本运行状态，其中变化信息在必要时形成实时告警，通过图元闪烁、告警窗等方式输出。②电网故障时继电保护设备的故障相关信息，包括保护事件信息（保护启动、出口、重合闸等）和故障参数、录波简报和录波文件（保护分散录波文件）等。

2）通过与厂站端II区网关机、直接连接站端II区通信网关机或调度端录波主站通信，可采集到的实时数据主要有：①集中录波器录波简报。②集中录波器录波文件。

3）通过D5000数据平台，可直接采集到的数据主要有：①电网一次模型数据。②一次设备实际数据。③一次设备的实时变位信息。④图形数据。

3.2.3 提升数据分析功能

《继电保护信息规范》中将保护输出信息分为动作信息、告警信息、在线监测信息、状态变位信息和中间节点信息五类。针对调度端不同专业人员对信息的需求，对以上数据进行相应处理。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1）监控人员。针对监控人员对保护信息实时监视的需求，重点将告警信息进行梳理，分为动作、故障、闭锁和通信异常几大类信号，用于实时告警。

2）调度人员。考虑调度人员电网异常状况的处理中对保护设备动作信息的需求，将动作信号内容及描述进行梳理，通过合并信号为动作总信号，使之更为清晰。

3）保护人员、检修人员。对保护装置信息不做特殊处理，将保护信息完全展示给这部分人员，便于保护状况全景展示。

3.2.4 多样化的数据展示

继电保护在线监视与应用通过以下方式对数据进行展示：

1）对于继电保护设备的运行工况及通信状态信息，结合平台的人机界面，在平台人机界面上统一展示。

2）对于继电保护的动态运行信息，如定值、压板状态等通过工作站启动客户端人机展示。

3）对于实时事故信号等信息，通过一体化平台告警服务展示。

4）对于故障录波数据，提供录波分析工具，对波形数据及分析结果进行图形化展示。

5）故障时刻，结合平台稳态监视信息形成一二次联动的电网故障报告和装置故障报告，通过客户端程序或综合智能告警画面进行展示。

4 继电保护在线监视与分析应用后期展望

继电保护设备在线监视与分析应用作为智能电网调度技术支持系统的实时监控与预警类应用下的一个子应用在电网故障分析和故障恢复上起着关键作用。今后保信系统的发展必将依托电力系统自动化技术的革新和先进管理水平的提高，将实现新的二次设备运行、监视、分析和管理模式。

保信系统作为智能调度支持系统的重要组成部分，其范围涉及电力电子、通信和继电保护等专业技术。今后调度端的保信系统的主要发展方向将体现在各高级应用上加强一体化应用水平，结合一二次设备关联优化高级应用工具，增强数据数据分析能力。子站方面，保信厂家将进一步提高系统稳定性、保证调度端基本数据指标的要求，加强通信稳定性，提升数据上送成功率。

5 结束语

继电保护在线监视与分析应用相比Scada、Fes等应用是年轻的系统，近年来依托国家电网公司智能电网调度支持系统的发展，面临着重大的发展机遇。将在电网调度、事故分析、故障处理和辅助决策等方面发挥越来越重要的作用。总结在生产实践中保信系统在建设、运维和管理等方面的存在的问题，结合电力系统自动化水平的先进经验，提出对应的解决提升方案，对保信系统的建设具有一定的参考意义。

参考文献

[1] 王跃强，廖华兴，袁晓青，等. 基于保信系统的继电保护状态评价系统的开发与应用[J]. 电力系统保护与控制，2014(8): 134～139.

[2] 王峰，张弛，贺春，等. 一种继电保护故障信息系统在线通信报文分析工程方案[J]. 电力系统保护与控制，2013(5): 151～155.

[3] 任伟，刘裕桦，李建，等. 基于保信系统的继电保护状态评价系统的开发与应用[J]. 数字技术与应用， 2013(6): 72～73，75.

[4] 王聪，王宇宾，吴宏波，等. 继电保护装置定值自动整定系统的开发与应用[J]. 河北电力技术，2011(4): 13～15.

[5] 冯管印，余梅梅，陈冰. 继电保护及故障信息管理系统在深圳电网的应用研究[J]. 电气应用，2010(17): 54～56.

[6] 王峰，张智锐，任春梅，等. 继电保护故障信息系统子站自动测试系统设计开发[J]. 2012，40(18)：127-131.

[7] Q／GDW 273－2009《继电保护故障信息系统技术规范》.

作者简介

张华宁（1982-），男，学士，工程师，从事电力系统应用软件的研究、研发工作。

（收稿日期：2015－12－10）EA
（编辑：崔文静）

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net