

Research on Automatic Control of Pump Station Joint Dispatching

—Diversion Project in the East of Yuxi City

Hua Qiu

Water Conservancy and Hydropower Survey and Design of Yunnan Province, Kunming Yunnan
Email: qwhua003@sina.com

Received: Jun. 3rd, 2019; accepted: Jun. 17th, 2019; published: Jun. 24th, 2019

Abstract

The automatic control system of pumping station is suitable for remote monitoring and management of pressurized pumping station in urban water supply system, and plays an important role in normal operation of urban water pipeline. In this paper, the automation control system of pumping station group is studied. The problems of the automation control system of pumping station group are analyzed, such as the difficulty of system communication, the inefficiency of joint control and centralized control dispatching between pumping stations, and the poor real-time performance. Taking the drinking water project in Yuxi East Area of Yunnan Province as an example, an automatic control system for joint dispatching of pumping stations is designed and implemented by using distributed method. Firstly, the practical problems in the control of drinking water pumping stations in Yuxi East Area of Yunnan Province are analyzed. It is shown that the conventional control cannot meet the requirements of the control operation of pumping stations because of the complex topographic and geological conditions. Secondly, in view of the inefficiency of the existing pumping station water conveyance control system, a distributed computer monitoring system is designed and implemented for joint dispatch of pumping stations. Finally, through the implementation and operation of the joint dispatching automation control system of the pumping station in the eastern part of Yuxi, it is proved that the scheme designed and implemented in this paper can be well applied to the drinking water project in the eastern part of Yuxi. In addition, through the automatic control system of pumps and pumping stations, the operation management between pumping stations can be well completed, the workload can be reduced, the equipment configuration can be reduced, the management level can be improved, and the information resources can be shared. At the same time, it is more conducive to the safe operation of the pumping station group, and has reference significance for the joint dispatching control system of pumping stations in different positions.

Keywords

Pumping Station, Fiber Optic Cable, Pump Station Group, Automatic Control, Dispatch Center

泵站联合调度自动化控制研究

——以玉溪东片区引水工程为例

邱 华

云南省水利水电勘测设计研究院, 云南 昆明

Email: qwhua003@sina.com

收稿日期: 2019年6月3日; 录用日期: 2019年6月17日; 发布日期: 2019年6月24日

摘 要

泵站自动化控制系统适用于城市供水系统中加压泵站的远程监控及管理, 对城市输水管正常作业具有重要作用。本文针对泵站群自动化控制系统进行研究, 分析了泵站群自动化控制系统存在系统通信难度大、泵站级间联控与集控调度效率低、实时性差等问题, 以云南省玉溪东片区饮水工程为例, 通过可编程逻辑控制、泵站实时监控设计等分布式方法设计并实现了泵站联合调度自动化控制系统。首先分析了云南省玉溪东片区饮水工程泵站控制存在的实际问题, 说明由于地形地质条件复杂, 采用常规的控制无法满足泵站控制运行的要求; 再次, 针对已有泵站输水控制系统效率低等问题, 对玉溪东片区饮水工程可编程逻辑控制、泵站实时监控、系统通讯、泵站级间联控与集控调度自动化等进行设计, 实现了泵站联合调度自动化控制; 最后, 通过玉溪东片区饮水工程泵站联合调度自动化控制系统的实施和运行, 证明了本文设计并实施的方案能很好地适用于玉溪东片区饮水工程。此外, 通过泵与泵站群自动化控制系统能很好完成泵站之间的运行管理, 减少了工作量, 减少了设备配置, 提高了稳定性、时效性和管理水平, 有利于信息的资源共享, 同时更加有利于泵站群安全运行, 对不同地理位置的泵站联合调度控制系统具有借鉴意义。

关键词

泵站, 光缆, 泵站群, 自动化控制, 调度中心

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

泵站自动化控制系统主要用于城市供水等系统中加压泵站的远程监控及管理, 管理人员采用泵站系统, 可远程监测站内清水池水位或进站压力、加压泵组工作状态、出站流量等状况[1] [2]。通常, 泵站自动化控制系统主要由调度中心、泵站监控中心、通信平台、泵站远程测控终端、计量测量及摄像设备组成, 主要承担了灌溉、排涝、城市供水等任务[3] [4]。近年来, 虽然泵站自动化控制系统已经取得了较大的进步, 产生了较好的经济效益, 然而, 受地理位置、系统设计、设备等影响, 泵站自动化控制水平参差不齐, 还存在着自动控制选型不合理、接口不完善、通信系统欠缺、耗能高等问题, 泵站之间的调度效率低, 降低了经济效益和社会效益[5] [6]。本文选取云南省玉溪东片区引水工程为例, 根据引水工程地

理位置、环境等实际情况，设计并实现泵站联合调度自动化控制系统，针对泵站现场数据采集、监控调节监管、泵站数据管理与存储、设备选型等关键过程进行设计，实现了引水工程泵站联合调度自动化控制系统，完善系统接口，提高了通信系统效率，有利于泵站的远程控制和水量信息等统计计算，提高了经济效益。

云南省玉溪东片区及中心城区抗旱应急、三湖生态保护引水工程是为解决华宁县、通海县、江川县、红塔区生活饮用水及抚仙湖周边产业园区用水不足拟建的跨流域引调水项目。工程主要为城市供水，供水保证率为95%，工程多年平均调水量7013万 m^3 ，引调水设计流量2.5 m^3/s ，工程主体建筑物主要由提水建筑物和自流供水建筑物两大枢纽所组成。工程取水主水源为华宁县盘溪大龙潭地下径流，在特枯年份为弥补盘溪大龙潭枯期径流不足，从南盘江加压取水作为补充水源，补水的规模为1.5 m^3/s 。玉溪东片区引水工程施工项目提水工程段总扬程高达950.3 m，设计阶段综合分析了地形地质条件、水泵参数、多级水泵设计制造水平、梯级泵站运行管理及调度等因素，根据尽量减少泵站级数，充分利用多级叶轮离心泵串联加压等泵站设计的特点，结合国内外多级泵的实际运行情况，选择950.3 m扬程段采用三级梯级泵站串联运行。本文将对三级梯级泵站串联运行方案进行设计、实施，对使用效果进行分析和总结。

2. 自动化控制系统设计原则

结合云南省玉溪东片区引水工程实际，依据《泵站计算机监控与信息系统技术导则》SL583-2012相关内容进行设计，采用一套分层分布式计算机监控系统对泵站进行控制，在系统设计过程中，应遵循以下的设计原则[7][8][9]。

- 1) 系统按无人值班、少人值守进行总体设计，本着安全、可靠、经济、先进、实用的原则。
- 2) 监控系统全面采用计算机控制。监控系统的结构配置和功能应满足不同层次的控制和管理要求，充分体现安全可靠和技术先进。
- 3) 系统必须安全可靠。采用的软、硬件设备都必须满足相应的最新性能标准和技术条件；系统应有自检、自诊断功能，局部的故障不应造成系统误动；对系统主机、泵站间安全闭锁通信通道等关键部位进行冗余配置，互为备用；有关控制采取多重的软硬件安全闭锁措施。
- 4) 系统配置和设备选型需适应计算机发展迅速的特点，充分利用计算机领域的先进技术、软硬件产品、网络技术、实时工业控制产品等，使系统达到国内先进水平。
- 5) 采用全分层、分布式开放系统网络，既便于功能和硬件的扩充，又能充分保护用户的投资。
- 6) 采用数据库及软件模块化、结构化的设计，均符合开放要求，使系统更能适应功能的增加和规模的扩充。
- 7) 系统实时性好，抗干扰能力强。

泵站联合调度自动化控制采用计算机监控系统，原则上按无人值班少人值守设计，整个系统采用符合开放系统国际标准的开放式环境下全分布计算机监控系统。在各级泵站内主控设备主要配置：主机工作站兼操作员工作站、站内通信兼工程师工作站、调度通信工作站等主控设备。现地设备主要配置为泵组LCU、公用LCU等，实现对各生产对象的控制操作和监视功能。公用及辅机设备采用现地控制箱(柜)实现，计算机监控系统可以对现地设备实现远方监控。在调度中心主要配置为主机工作站兼操作员工作站、数据库工作站、调度通信工作站等主控设备。

3. 详细设计方案

自动化控制系统的结构有单一控制方式、多回路调节方式、以及现场总线系统等，系统设计过程中

应满足控制需求,提高系统的时效性、稳定性和安全性,同时提高管理的规范性,增加系统的数据共享等附加值。云南省玉溪东片区引水工程需要增强上层监控,对三级梯级泵站串联运行数据进行采集、存储、管理,通过分析管理泵站联合数据,实时掌握泵站的运行转台,合理接入其他水利工程系统,从而有利于实现泵站联合调度数据信息的共享。云南省玉溪东片区引水工程从华宁县盘溪大龙潭取水,通过自流方式流入一级泵站区水池,通过一、二、三级泵站提水至三级泵站出水池,后经过管道自流至玉溪东风水库,一泵站至二级泵站距离约 1.5 km,二泵站至三级泵站距离约 2.5 km。由于三级泵站之间距离较远,且三个泵站之间存在联合运行的要求,采用常规的控制无法满足泵站控制运行的要求,因此,针对玉溪东片区引水工程实际情况,选用泵与泵站群自动化控制系统联合调度方式,完成三个泵站之间的运行和管理,减少设备配置,提高自动化运行效率。工程主要为城市供水,供水保证率为 95%,用电负荷主要由配套泵站用电设备及其站用电负荷组成。因此,负荷等级属于二级负荷,供电电压等级为 110 kV。各泵站装机容量如表 1。

Table 1. Installed capacity of three-level pump station
表 1. 三级泵站装机容量

名称	装机容量(kW)	装机总功率(kW)	站用电负荷(kW)
一级泵站	$(4 + 2) \times 2000$	12,000	154.5
二级泵站	$(4 + 2) \times 3150$	18,900	192.2
三级泵站	$(4 + 2) \times 3150$	18,900	154.7
最大用电负荷	$4 \times (2000 + 3150 + 3150) + 501.4 = 33701.4$ (kW), 即 33.70 MW		

1) 可编程逻辑控制

可编程逻辑控制 PLC 是自动化控制系统中重要的器件,可对级联泵站的流量、水位、液体压力等进行实时检测与监督[10]。通过现地控制板、局域网将数据传输到上级部门服务器,同时,能及时接收监管人员发出的指令,有利于远程自动化技术实现。在玉溪东片区引水工程三级泵站中设置可编程逻辑控制系统,能有效搜集设备运行状态,接收命令,减小泵站故障引起的损失。

2) 泵站实时监控设计

泵站实时监控系统在本站联合调度自动化控制系统中起到举足轻重的作用[11]。玉溪东片区引水工程三级泵站中安装计算机实时监控系统,通过中央控制方式进行泵站对象的监控,能在无人值守的工作模式下,有效自动地对系统的监控数据进行记录、存储。分析系统运行时的负荷、电压、电流等,对系统运行过程中的安全性具有主动响应功能,能有效地避免或者减小系统的误操作、误判断,提高工作效率。针对玉溪东片区引水工程实际情况,泵站实时监控设计主要由网络系统、图像视频监控系统、远程集控中心、传输系统等部分组成,安装简单,操作灵活、布局合理。1) 设计的监控系统可通过链路连接远程集控中心和远程变电站系统端,采用互联的方式,数据可在城域网、FRN、DDN 等公共数据网传输和交换;2) 采用软件工程设计方式实现系统的远程集控中心,有利于三级泵站视频场景、声音、图像等数据的搜集和存储,完成实时监控;3) 采用监控网关 ZLTDVC 实现系统监控,能接收遥感触发信号、门禁系统信号、门锁状态信号、温度、湿度等联动输入信号,及时发出告警信息。图 1 显示了监控系统结构图。

3) 泵站系统通讯设计

考虑到玉溪东片区引水工程地理位置、地形、引水量等实际情况,在调度中心与泵站的通信以光纤通信为主,沿管线架设 24 芯的光缆与泵站相连。电力调度在二级泵站总降变至 220 kV 泉乡变的 110 kV

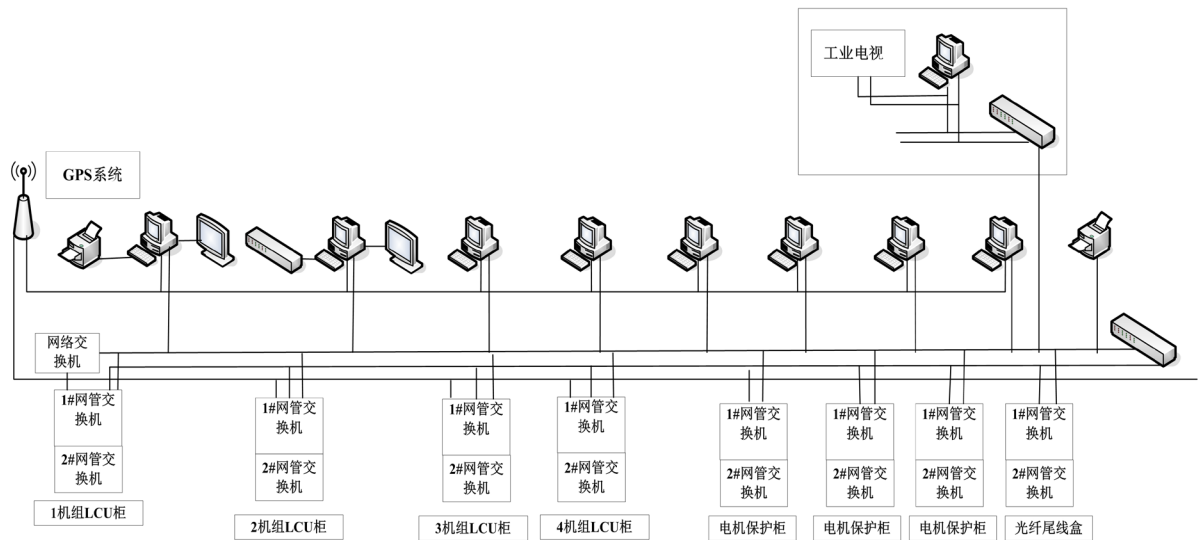


Figure 1. Structure of monitoring system
图 1. 监控系统结构图

线路，架设 1 根 24 芯 OPGW 光缆，光缆线路长约 9.3 km，采用光传输作为通讯方式。一级泵站与二级泵站之间的通信以光纤通信为主，在一级与二级与三级泵站之间沿管线架设 24 芯的光缆，再通过三级泵站与调度中心相连，一级泵站总降变至二级泵站总将变的 35 kV 线路架设 1 根 24 芯 OPGW 光缆，光缆线路长约 1.5 km，三级泵站总降变至二级泵站总将变的 35 kV 线路架设 1 根 24 芯 OPGW 光缆，光缆线路长约 2.5 km，采用光纤通讯方式。

4) 泵站级间联控与集控调度自动化

玉溪东片区引水工程各级泵站采用光缆构成光纤双星型网络[12]。由于通信方式为光纤方式，设置调度中心拟在玉溪县城。在一、二、三级泵站分别配置了 2 台千兆三层交换机，形成双光纤网络，对现地层层设置了 2 台机架式网管型工业交换机，形成光纤双星型网络，各级站内设置了 2 台通讯工作站对数据

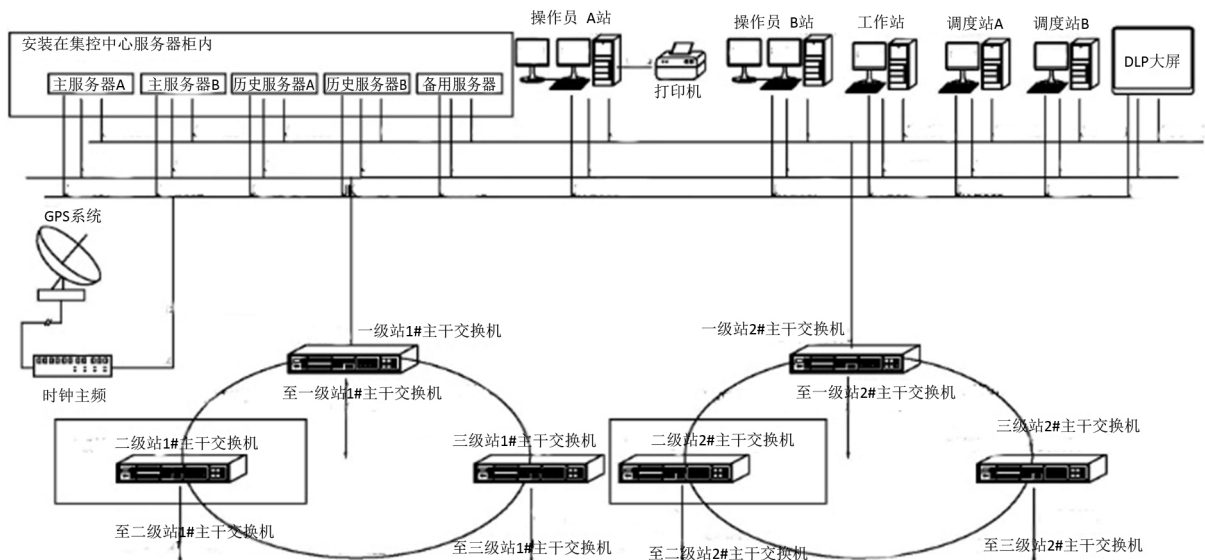


Figure 2. Network of monitoring center
图 2. 监控中心网络图

进行管理,并设置了现地冗余热备的 PLC 进行数据采集,以便各级泵站之间数据能够高速共享,便于管理和控制。泵站控制层与现地控制单元之间通过高性能网络交换机,采用以太网通信,通信介质为光纤,可复用电力部门的通信网络作为系统的备用通信方式,有助于信息采集和通讯,提高工作效率。图 2 显示了监控中心网络图。

5) 泵站调节优化设计

玉溪东片区环境复杂,受水源影响,泵站系统中水位变化较快,超过或低于水位临界值的情况较为常见,因此,玉溪东片区引水工程泵站联合调度自动化系统调节优化过程中,需要高度重视对水位的控制,确保其在合理范围之内。实际操作过程中,可对电机机组的开启数量进行离散控制,同时与泵站电机机组的连续运行方式结合,可基于模糊控制变频器等现代智能控制系统对水位、机组进行动态控制,有利于实现泵站控制中的水位优化调节。

4. 新技术应用

为实现玉溪东片区引水工程泵站全线自动化统一调水过程,系统在工程运行调度决策系统的辅助决策支持下,对泵站联合调度全线实行统一调度,对全线所有闸门、泵站等实行统一控制,保证全线顺利调水。调度系统采用全线统一调度模式,在对来水和沿线各受水户的用水需求进行分析后,使用水量分配模型,制定年、月、旬调度方案进行全线水量分配。根据全线工作情况,按照水量分配的方案,在水力学模型与多站联合调度模型的支持下进行全线水力学计算,在保证管道工作压力的目标下进行阀门开度计算,得到每个阀门的开度序列下达给水量调度自动化系统执行。水量调度自动化系统执行的结果及时反馈到调度系统,由多站联合调度模型决定是否对控制进行调整重新下达给水量调度自动化系统。针对已有泵站自动化控制系统中存在的调度效率低、操作不易等问题,采用远程控制、水量实时统计等新技术,进一步提高泵站自动化控制效率。

1) 输水动态调节控制

根据日调水计划所计算出辖区内的各泵站的调水量,计算出经过各泵站的过水总量和输水持续时间。输水过程中,实时检测各站点水位、流量,实现调水运行动态闭环调节控制。

2) 紧急情况下的输水调节控制

系统积极响应水位、闸门设备等突发状况,一旦其中某个环节发生故障,应重新调整调水计划,进行紧急情况下的输水调节控制,避免损害渠道或机电设备受损等事故发生。

3) 远程控制与操作

在必要的情况下,操作人员应能通过人机接口对各泵站的控制对象进行远程控制与调节。控制操作时,对各项控制操作应具备安全锁闭和保护措施,并显示和记录整个操作过程中的每一步骤和协调执行情况。

4) 水量的统计计算

通过远程监控系统,实时对入水口取水量、水库蓄水量和输水终端调水量进行统计计算,给出数据、报表和变化曲线图等形式信息,性能先进,调管灵活,运行稳定。

5. 自动化控制系统实施效果

基于以上设计方案,对玉溪东片区引水工程进行实施,完工运行 2 年以来,对泵站联合调度自动化控制系统的运行情况、实现功能总结如下:

1) 对引水工程中三级泵站的运行状态进行监控,对设备等不正常状态及时报警,报警信息通过网络及时显示在报警窗口,并对报警信息进行记录;

2) 通过系统能对泵站中各种主要设备、运行辅助设备的运行状况进行数据采集,包括泵站电气参数、电压、电流、非电量等数据进行实时采集、存储,并能根据需要显示和打印;

3) 通过光纤对泵站级间联控与集控调度进行控制,实现了泵站数据之间的实时传输、高速共享,便于管理和控制;

4) 设备运行控制,能实现对三级泵站泵组启动、停止的自动控制,对叶片、励磁运行、电压电流参数等自动控制;

5) 泵组优化控制,对泵组运行工况数据进行计算、统计,有利于工作人员提出优化方案,自动调节,提高设备利用率和稳定性;

6) 数据存储和分析,对历史水位、操作流程、电压、电流、参数设置等数据进行存储,有效管理和利用已有数据,通过数据分类、统计数据分析等过程,形成以时间变化为主的曲线图、柱状图等,有利于优化泵站联合调度控制系统;

7) 热备份功能,当泵站主机设备发生故障时,指定备份设备立即接管系统,对系统的保持运行状态。

此外,系统实现了数据显示、打印数据、故障诊断、网络通信、设备保护等功能,能满足云南省玉溪东片区引水工程的需要,极大地解决了城市供水、水源保护等实际需求,通过对泵站联合调度自动化控制系统的有效管理和控制,提高了设备运行效率、安全性和稳定性。

6. 结论

本文针对泵站自动化控制系统中存在的稳定性差、效率不高等问题,选取云南省玉溪东片区饮水工程为例,针对工程地形地质条件复杂等实际情况,选用泵站联合调度自动化控制系统实施引水工程,设计了可编程逻辑控制、泵站实时监控、系统通讯等关键问题,通过工程实际实施和运行,证明了本文设计并实施的方案能很好地适用于玉溪东片区饮水工程。此外,系统的实施有利于资源共享,提高了泵站自动化系统的稳定性、时效性和安全性,减少了工作量,对于不同地区的长隧道光缆铺设有一定借鉴意义。今后的研究将进一步对新老设备混用、设备操作便利性、简单性等方面进行研究,减少成本,提高工作效率。

参考文献

- [1] 陈永君. 无人值守泵站的自动化系统建设及维护[J]. 水利水电, 2017(9): 137-138.
- [2] 王福军, 唐学林, 陈鑫, 等. 泵站内部流动分析方法研究进展[J]. 水利工程, 2018(1): 47-61.
- [3] 王丽, 吴建华, 杨德明, 高洁, 刘亚明. 辛安泵站供水工程停泵水锤计算与防护研究[J]. 水电能源科学, 2018(1): 168-171.
- [4] 肖伟, 郑彪, 刘富峰, 刘志勇. 新疆某供水工程停泵水锤计算与防护措施选择[J]. 水电能源科学, 2016, 34(1): 170-172.
- [5] 孟丽芳, 和伟. 泵站机电设备故障原因分析及防治对策[J]. 农机装备维护, 2018(23): 41-42.
- [6] 赖聪敏. 浅谈水利泵站安全管理的重要性[J]. 水利建设, 2018, 561(52): 286-287.
- [7] 徐波, 张从从, 夏辉, 高琛, 刘鹏程. 水电能源科学, 2018, 36(7): 160-163.
- [8] 韩典乘, 李传奇, 段明印, 杨幸子. 基于 DP-分解协调法的梯级泵站优化调度及控制[J]. 中国农村水利水电, 2018(4): 31-36.
- [9] 匡正. 大型泵站自动化控制系统组成及管理[J]. 自动化应用, 2014(1): 36.
- [10] 李文臻. 城市泵站自动化控制系统的运用[J]. 科技经济导刊, 2017(34): 70.
- [11] 贺成吉. 大型泵站自动化控制系统的组成及管理探究[J]. 江苏科技信息, 2018(8): 49-51.
- [12] 刘建超. 浅谈污水提升泵站自动化控制系统[J]. 技术与市场, 2014, 21(5): 145-147.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2161-8801，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：csa@hanspub.org