

· 选矿自动化高效节能技术与设备 ·

首钢水厂选矿厂自动化与信息化建设实践

卞春富 李 刚 王传平

(首钢矿业公司水厂选矿厂)

摘 要 介绍了水厂选矿厂自动化、信息化建设及所取得的效果。实践表明,选矿厂全流程实施自动控制和自动检测及管控一体化是完全可行的,利用现代技术改造传统工业是选矿实施科技兴厂和实施可持续发展战略的最有效的手段。)

关键词 选矿厂 自动化 信息化 网络化

Practice of Automation and Informationization Construction in Shuichang Concentrator, Capital Steel

Bian Chunfu Li Gang Wang Chuanping

(Mining Co. & Shuichang Concentrator, Capital Steel)

Abstract The automation and informationization construction in Shuichang Concentrator and the achieved effect are described. The practice proves that it is fully feasible for concentrator to realize in the whole flowsheet an automatic control, automatic testing and the integration of management and control. It is the most effective means for the concentrators to use modern technology to transform the traditional industry so as to bring the enterprise into prosperity by new technology and implement the strategy of sustainable development.

Keywords Concentrator, Automation, Informationization, Networking

首钢矿业公司水厂选矿厂 1971 年建成投产, 1992 年进行了扩建改造, 拥有新、老两个选矿厂, 共 19 个磨选系列, 年处理能力达到 1 800 万 t, 是目前亚洲最大的冶金黑色选矿厂之一。新、老选矿工艺流程由破碎、磨矿、分级、磁选、精矿过滤、尾矿浓缩输送组成, 生产铁精矿全部用于首钢矿业公司烧结、球团生产。尾矿由三级泵站送至尾矿库堆存。随着选厂 30 多年的发展, 矿石性质逐年变差, 在设备管理、工艺操作、现场工艺控制、生产组织等方面暴露出一定的缺陷, 不能适应企业管理的新要求和技术经济指标的不断提高。为此, 根据国内外选矿厂自动化与信息化技术发展状况, 2001 年开始, 首钢水厂选矿厂与马鞍山矿山研究院、清华大学共同承担了国家“十五”攻关项目“选矿厂全流程自动监测与自动控制”, 在此基础上, 开展了选矿厂自动化、信息化建设。

1 自动化与信息化改造对象

1.1 原系统存在的问题

(1) 水厂选矿厂破碎系统有皮带 82 台, 2 台粗碎机, 6 台中碎机、18 台细碎机和 3 台振动筛, 粗碎

机远采厂内, 人员分散、工作线路长, 管理困难。设备采用的是老式继电器连锁, 稳定性差, 主体设备运行状况没有检测手段, 设备故障和运行状况不能超前预测和实时监测, 导致生产流程设备隐患得不到及时处理, 故障较多, 影响生产的稳定。

(2) 主厂流程比较复杂, 现场主要设备有球磨机、磁选机、高频振网筛、精选机及胶泵等, 自动化程度低, 完全依靠人工去操作和调整, 数据统计、分析的手段与方法也是比较落后, 很难使流程得到理顺, 造成最终的指标不稳定, 直接地影响了选矿厂的指标效益。

(3) 生产组织系统层面多, 信息靠电话联系, 现场状况不能及时掌握, 厂领导和中层干部只能通过亲临现场才能了解设备的状况, 缺少透明化, 管理手段落后, 影响厂中心指挥的决策能力。随着职工人数的逐年减少, 给生产组织管理、安全管理、设备管理带来了难度。

卞春富(1946-), 男, 首钢矿业公司水厂选矿厂, 厂长, 高级工程师, 064405 河北省迁安市。

1.2 自动化、信息化改造的意义

现代控制理论与实践的发展,以及企业信息化技术发展,特别是近几年 PLC 工业自动控制的技术以及工业传感器应用技术成熟发展和 IT 行业的蓬勃崛起,为实施企业自动化与信息化奠定坚实的基础,传统控制思路受控制条件制约的情况已不复存在。为解决上述问题,加快创建国内一流选矿厂,对全厂破碎、磨矿磁选、过滤脱水和尾矿输送四大系统实施局部流程自动控制和全流程自动检测符合选厂发展需要,利用自动控制替代人工操作,可提高设备操作水平,及时地发现设备存在的隐患,使工艺设备得到及时维护和保养,保证设备与工艺运行正常,提高调度系统的生产指挥与决策能力,创出新的技术经济指标。

2 选厂自动化、信息化控制系统简介

2.1 系统设计思路

系统是基于 ModbusPlus 现场总线的分布式与远程式相结合的控制系統:系统的最低层是设备控制与工艺闭环控制,由分级单位的操作室完成;第二层是生产设备现场与生产工艺参数的监测控制,主

要完成全厂的生产设备与生产工艺在线监测,通过人机交互实现生产内部的调度动态平衡,主要由生产指挥中心完成;第三层通过工业以太网方式将数据上传工业服务器,利用 MODBUSPLUS 总线网以及 TCP/IP 协议的交换以及使用 WONDERWARE 工业发布的平台 SUTVOYAGE 工具,将工业现场的动态信息通过工业服务器发布到厂部局域网,达到了利用办公网进行监控现场的目的,由厂部的管理与决策人员完成。这种结构的设计达到了权限与职责合理的分配,充分地利用信息资源,利用 WEB 功能,增加整个系统的透明度,提高决策层的水平。

(1) 全选矿厂形成集中控制,控制的中心放在生产指挥中心,控制的方法采用分布式,各生产单位以破碎、磁选、过滤、尾矿为分布式操作,生产指挥中心为集中式控制。

(2) 组成工业网络,为防止单线联网会出现线断造成网络中断,所以本网络采用环网的方式,保证系统的热备处理。

2.2 系统结构配置

全厂自动化控制系统配置见图 1。

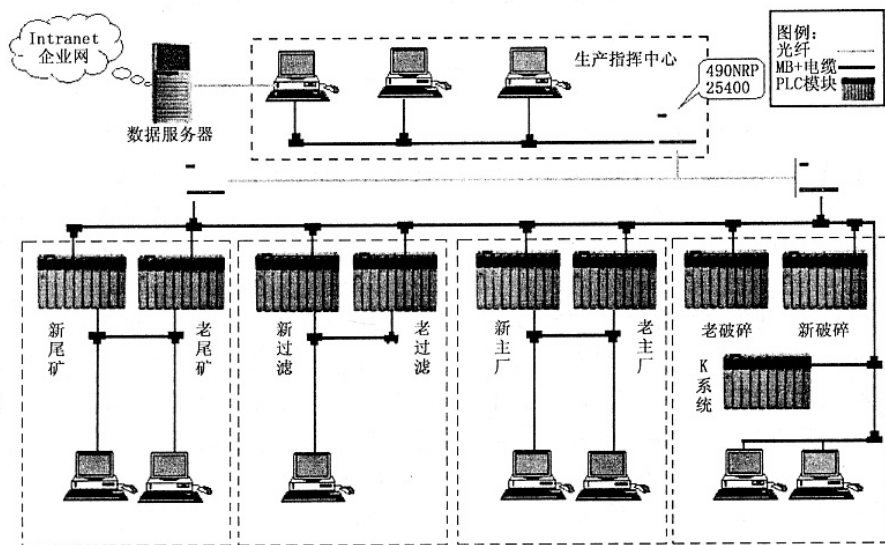


图1 全厂自动化控制系统配置

3 自动检测与控制系統的设计

3.1 破碎系統

3.1.1 硬件配置

考虑破碎系統比较大,站线较长,将控制方式分为3大系統:新破碎系統,老破碎系統、采厂矿石系統。基层的控制分为设备低层保护控制,相互之间

的连锁控制,把复杂的问题进行分解,从而最终解决问题。

(1) 采厂矿石系統。

a. CPU 140 CPU 11303

b. 电源模块 140 CPS 11400

c. 远程分站模块 140 CRA 93100

- d. 远程本地模块 140 CRP 93100
- e. 数字量开入模块 140 DAI 74000
- f. 数字量开出模块 140 DAO 84000
- g. 模拟量模入模块 140 ACI 03000
- h. 模拟量模出模块 140 ACO 02000
- i. 模拟量热电阻模块 140 ARI 03010
- j. 支持光纤通信 140 NRP 25400
- k. 支持光纤通信 140 NRP 95400
- l. 机柜规格:2200 * 1 000 * 600
- m. 柜内布局:走线槽、UPS 电源、隔离变压器、空开、接线端子、接地线、隔离输出中间继电器、信号隔离器。

(2) 老破碎。

- a. CPU 140 CPU 43412
- b. 电源模块 140 CPS 11400
- c. 远程分站模块 140 CRA 93100
- d. 远程本地模块 140 CRP 93100
- e. 数字量开入模块 140 DAI 74000
- f. 数字量开出模块 140 DAO 84000
- g. 模拟量模入模块 140 ACI 03000
- h. 模拟量模出模块 140 ACO 02000
- i. 模拟量热电阻模块 140 ARI 03010
- j. 支持光纤通信 140 NRP 25400
- k. 支持光纤通信 140 NRP 95400
- l. 机柜规格:2200 * 1 000 * 600
- m. 柜内布局:走线槽、UPS 电源、隔离变压器、空开、接线端子、接地线、隔离输出中间继电器、信号隔离器。

(3) 新破碎。

- a. CPU 140 CPU 43412
- b. 电源模块 140 CPS 11400
- c. 远程分站模块 140 CRA 93100
- d. 远程本地模块 140 CRP 93100
- e. 数字量开入模块 140 DAI 74000
- f. 数字量开出模块 140 DAO 84000
- g. 模拟量模入模块 140 ACI 03000
- h. 模拟量模出模块 140 ACO 02000
- i. 模拟量热电阻模块 140 ARI 03010
- j. 支持光纤通信 490 NRP 25400
- k. 支持光纤通信 490 NRP 95400
- l. 机柜规格:2200 * 1 000 * 600
- 柜内布局:走线槽、UPS 电源、隔离变压器、空开、接线端子、接地线、隔离输出中间继电器、信号隔

离器。

PLC 编程语言使用 Schneider concept2. 6XL 编程工具,使用 IEC61131 - 3 标准 LAD 图编程序。

3.1.2 实现的功能

(1) 3 大系统实现了皮带系统与破碎机系统以及防尘系统连锁起车,连锁停车,事故连锁停车功能。

(2) 皮带的全保护系统,包括皮带的跑偏、打滑、防撕裂、过铁保护以及皮带电机电流保护及局部皮带变频起车等,破碎机的全保护,包括破碎机的功率、电流保护,油温、油压、油量保护。

(3) 6 个缓冲仓采用超声波料位计,探测仓位,并与皮带系统形成连锁。

(4) 总控制设备达 312 台,构成一个庞大的设备控制系统,工艺运行自动连锁控制与监测系统。

(5) 取消了老式继电器控制系统,实现了低故障率、稳定运行的环境,而且通过采集设备的各种状况,使在查找故障方面与分析处理事故方面提供了方便,提高维护与维修的效率。

(6) 系统实施后,减少了破碎系统的操作人员,打破了传统岗位与岗位由电话联系生产方式改为 PLC 自动启动与事故独立处理系统,稳定性与安全性得到了保障,全程设备的自动处理与监控节省了维护人员的劳动力。

(7) 实现设备运行与状态的历史记录,方便地查询方式了解设备及工艺的运行状况。

3.2 磨选系统

3.2.1 老选厂

磨选车间相对破碎系统路线短,相对集中,但控制的设备台数多,工艺比较复杂,因此控制方式采用分布式 I/O 系统,一个主站 4 个分站,共控制设备达 138 台,监测工艺参数达 17 个。

3.2.1.1 硬件配置

- a. CPU 140 CPU 11302
- b. 电源模块 140 CPS 11400
- c. 分布式 I/O 模块:140 NOM 21100 DIO 本站通信模块
- d. 140 CRA 21100 通信分站模块
- e. 数字量开入模块 140 DAI 74000
- f. 数字量开出模块 140 DAO 84000
- g. 8 路模拟量模入模块 140 ACI 03000
- h. 16 路模拟量模入模块 140 ACI 04000
- i. 支持光纤通信 140 NRP 25400

j. seimens 的 milltronics 产品: 十点物位计 (XPS/XCT) 及单点物位计 (SPL)

k. 机柜规格: 2200 * 1 000 * 600

柜内布局: 走线槽、UPS 电源、隔离变压器、空开、接线端子、接地线、隔离输出中间继电器、信号隔离器、Modbusplus 双绞线。

3.2.1.2 实现的功能

(1) PLC 实现对磁滑轮系统全连锁, 利用延时与启停的次序既保证了设备有序起车, 又保证设备起车过程中不会造成总线路负荷过大, 对设备的冲击, 有效地保护设备起车的安全电流, 实现了利用程序达到设备软启动的能力。

(2) 实现对磁滑轮所有设备的状态进行监控, 包括设备的事故信号、过热信号、皮带的打滑、皮带的跑偏, 而且通过这些信号参与控制设备的启停。

(3) 利于超声波技术探测磁滑轮料仓的料位以及泵池的液位, 采用的设备是 seimens 的 milltronics 产品, 采用该类产品十点物位计 (XPS/XCT) 及单点物位计 (SPL), 双点用于检测料仓的料位, 十点物位计用于泵池的液位探测, 设置料位的报警点与料位的停车点, 如果达到报警点, 上位通知操作员要车放料, 如果达到停车点, 则自动系统会全线连锁停车, 避免料仓过高造成的事故。液位的检测主要的功能是报警。

(4) 实现对磁选机的启停、浓缩磁选机的启停, 各泵的电流、开关以及过热进行保护, 监测, 使调度及操作人员及时地了解到现场运行的状况, 哪些设备运行的正常, 哪些设备运行不正常, 以及累计采集设备的运行时间, 计算设备及备件的使用周期, 达到了周期性更换设备与备件的需要, 极大地提高了设备的使用能力, 以及设备的管理水平。

(5) 利用计算机统计球磨机电流, 确定现场的球磨机进行加球, 做到科学合理, 提高了工艺管理水平。

3.2.2 新主厂

新主厂流程与老主厂相似, 因此采用控制的设备基本上相同, 采用一主站两分站的 DIO 方式, 共监测与控制设备达 115 台, 工艺参数达 21 个。

3.2.2.1 硬件配置

a. CPU 140 CPU 11303

b. 电源模块 140 CPS 11400

c. 分布式 I/O 模块: 140 NOM 21100 DIO 本站通信模块

d. 140 CRA 21100 通信分站模块

e. 数字量开入模块 140 DAI 74000

f. 数字量开出模块 140 DAO 84000

j. 16 路模拟量输入模块 140 ACI 04000

h. 支持光纤通信 140 NRP 25400

i. Seimens 的 milltronics 产品: 十点物位计 (XPS/XCT) 及双点物位计 (DPL)

j. 机柜规格: 2200 * 800 * 600

柜内布局: 走线槽、UPS 电源、隔离变压器、空开、接线端子、接地线、隔离输出中间继电器、信号隔离器、Modbusplus 双绞线。

3.2.2.2 实现的功能

由于二磁车间比一磁车间实施时间要晚, 二磁车间在实现了一磁全部的功能上, 有如下的几点创新:

(1) 皮带系统的打滑问题一直是困扰选矿厂的生产较大的故障, 长期以来采用过一些措施, 但收效甚微, 本次皮带的打滑保护使用是德国的图尔克的磁电开关 (CP80 - FZ3X2), 选择本产品的理由是该产品的防护等级达到 IP65 标准, 适应于工业现场, 交流 220 V 两线制不分极性, 维护可靠, 监测的距离达到 50 mm, 较国内的 10 mm 性能优越, 从使用情况来看, 半年内已避免了多次事故, 效果明显。

(2) 球磨机断销子的保护功能, 当球磨机的销子发生断裂, 球磨机处于接近空负荷的运行状态 (但电流仍大于零值), 球磨机的电流会突然性地变低, 本套程序通过判断球磨机的电流大小, 作自动处理, 当发生事故时, 迅速停止球磨机的给矿皮带, 并发出报警信号, 在球磨机销子断裂的情况, 减少现场事故的发生, 维护生产的正常运行。

3.3 过滤脱水系统

过滤系统分为两个主控制系统, 一个老系统, 一个新系统, 每个系统实行分布式 DIO, 相互利用 HMI (人机交互) 实现数据共享, 两个系统共控制设备 142 台。

3.3.1 硬件配置

a. CPU 140 CPU 11303

b. 电源模块 140 CPS 11400

c. 分布式 I/O 模块: 140 NOM 21100 DIO 本站通信模块

d. 140 CRA 21100 通信分站模块

e. 数字量开入模块 140 DAI 74000

f. 数字量开出模块 140 DAO 84000

g. 16 路模拟量模入模块 140 ACI 04000

h. 支持光纤通信 140 NRP 25400

i. 机柜规格:2200 * 800 * 600

柜内布局:走线槽、UPS 电源、隔离变压器、空开、接线端子、接地线、隔离输出中间继电器、信号隔离器、Modbusplus 双绞线。

3.3.2 实现的功能

(1) 完成对整个过滤流程设备进行监控,主要是磁选机、过滤机、真空泵、水封水泵、加压泵、脱磁器等设备的电流及开启停。

(2) 完成对过滤的工艺参数进行采集,包括单台过滤机的风压、真空度、水压。

(3) 对过滤的污水系统进行处理,实现自动启停污水泵,通过检测污水池的液位高低,设置液位的启泵点位,污水池达到点位,立即开动污水泵。

(4) 通过集中监控,减少了人工操作,因生产的透明化,优化了调度系统。

3.4 尾矿输送系统

本控制系统分为两个部分,分为新老厂,各自独立运行,因控制线路长,采用远程分布式(RIO)。

3.4.1 硬件配置

a. CPU 140 CPU 11303

b. 电源模块 140 CPS 11400

c. 远程分站模块 140 CRA 93100

d. 远程本地模块 140 CRP 93100

e. 数字量开入模块 140 DAI 74000

f. 数字量开出模块 140 DAO 84000

g. 16 路模拟量模入模块 140 ACI 04000

h. 支持光纤通信 140 NRP 25400

i. 支持光纤通信 140 NRP 95400

j. 机柜规格:2200 * 800 * 600

柜内布局:走线槽、UPS 电源、隔离变压器、空开、接线端子、接地线、隔离输出中间继电器、信号隔离器、Modbusplus 双绞线。

3.4.2 实现的功能

(1) 水厂选厂尾矿浓缩与环水系统为分散式操作,采用集中控制后对泵的开停信号、电流,以及各部水压进行实时检测,将设备及工艺情况采集进入集中控制室,集中监控提高了尾矿浓缩与环水系统运行的可靠性。

(2) 自动监测环水池的液位,实现新老系统环水池自动调水。

(3) 通过采集水压的大小,自动控制环水泵的

运行台数。

(4) 对各泵站的污水系统进行自动处理,根据水位的情况,实现自动启停,增加系统的稳定性,减少人员操作。

4 信息化建设方案

工业信息化基本的平台是建立在计算机技术、管理技术、网络通讯的技术及软件技术等现代信息技术和设备,自动化是信息化的基础,自动化的水平在很大的程度上决定工业信息化的水平。实现两个网络之间通讯,工业网与办公网 WEB 发布平台,采用的方法:

(1) 硬件上使用工业服务器作为路由器,实现两网的交互信息,工业网数据通过与服务器相连,使用标准的 TCP/IP 协议,以太网方式将数据信息上传到服务器,使用服务器做路由的方式,既保证工业网的安全,又实现办公网与工业网数据的交换。

(2) 工业 WEB 发布的平台建在工业服务器上,以 Wonderware Suitevoyager 作为发布平台,Suitevoyager 内建的程序实现对工业数据的采集,并将工业现场数据直接以 XML 方式在工业服务器上发布。

主要的开发思路分 3 层结构:

第一层由工业网络完成,既工业监控机组成,工业监控机通过以 ModbusPlus 为协议总线结构,以后台应用程序实现与底层的 PLC 交换数据。

第二层工业发布服务器与工业监控机通过 In-touch 环境以 Suitlink 协议实现 DDE(动态数据交换)方式交换数据。

第三层工业发布服务器实现由工业监控机上动态采集数据,利用基本的 Suitevoyager 平台,实现 WEB 实时发布。

(3) 工业 WEB 技术的网络。见图 2。

(4) 利用后台的开发程序完成对现场数据的加工和处理,并将加工的数据以 WEB 在办公网上发布,通过网络在选矿厂内部实现企业生产信息、管理信息交换,资源共享,并可通过内部互联网与公司网络系统联接,实现远程信息交换,建立了生产指标网络查询,设备的管理系统。

5 选厂自动化、信息化建设成就

水厂选矿厂通过自动化、信息化建设,新、老破碎系统实现了 PLC 集中操作控制,自动检测设备故障,设备运行参数实时监测,对皮带跑偏、打滑、电机

(下转第 498 页)

期延长 2 倍以上,节约了备品备件和检修维护费用;尾矿输送浓度提高后,新水单耗降低。

(2)设备事故有效降低。各种检测仪表在设备点检和设备管理中具有重要作用,通过检测数据分析和监控,能够及时掌握设备运行状况,有效杜绝各类生产设备事故。如有一次 10[#]竖炉废气温度检测持续偏高,经过倒炉检查,发现有一块铁板掉在炉子横穿梁上,由于处理及时,没有对设备造成大的危害。又如 2003 年 7 月 14 日主控室操作员发现 5[#]浓缩机底流浓度持续超过设定值报警,底流泵电机电流低于下限值,作业区果断组织分析处理,杜绝了一起压浓缩机事故。

(3)管理实现精细化。MES 系统的投入,使得选矿厂管理水平上了台阶,办公自动化成为可能;生产管理、成本管理、质量管理、设备管理等效果明显。如 2004 年 4 月、5 月计算机显示球磨机断料次数分别为 80 次和 95 次。通过及时采取措施,在 6 月、7 月球磨机断料次数降为 38 次、30 次。防止球磨机因断料空砸而造成的各种事故,提高了作业率。在成本管理上,多年来一直想把原料消耗这个关键指

标考核到作业区,但缺乏手段。球磨机给矿量的检测使这一愿望成为现实。自动化系统投用两年多来,选矿成本呈稳步下降趋势,综合精矿加工费从 47.31 元/t 降低到 45.17 元/t,降低了 2.14 元/t。

自动化系统投用后,操作可以通过计算机来调整,设备启停可以通过计算机来控制,而且通过多媒体监视系统和上位机来监控设备运行,利用各种检测仪表对设备在线检测,减轻了工人劳动强度,提高了劳动生产率,岗位职工减少 237 人。综上所述,综合自动化系统成功运用,提高了酒钢选矿厂的装备水平,对于选矿厂技术进步、管理精细化具有深远的影响。

3 结 论

2004 年 8 月 22 日,酒钢选矿综合自动化改造项目通过了国家教育部组织的鉴定,由中国科学院、中国工程院封锡盛、李伯虎、王天然、孙传尧等院士、专家组成的鉴定委员会,认为该项目在大型选矿生产过程实现综合自动化方面有重大突破,整体技术处于国际领先水平。

(收稿日期 2005-07-02)

(上接第 493 页)

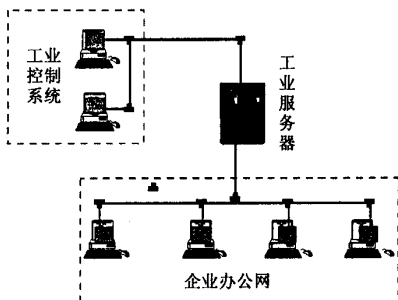


图 2 水选厂 WEB 信息网络示意

温度高等自动报警,一个操作工用 1 台计算机替代了几十名工人的操作;主厂系统实现了磨矿分级自动控制,磁滑轮预先抛尾系统集中操作控制,主厂磁选机、胶泵等设备运行状况实时监测,胶泵液位、电机电流高限报警;过滤脱水系统所有设备实现了实时监测,参数显示;尾矿系统实现了浓缩机、胶泵、环水清水泵的实时监测,所有设备运行参数、工艺控制指标实时显示。建设了全厂生产指挥中心,

选矿生产全流程控制集中在指挥中心内,各个车间的生产指标、设备参数、运行状况一目了然。选厂生产指挥决策水平、效率得到有效提高。

6 结 论

水厂选矿厂全流程自动化、信息化建设效果显著,实现了全厂的自动化控制与局部自动控制功能,做到了全厂设备集中监控,减少了操作环节。将自动化、信息化有机地结合,通过 WEB 发布的方式,将工业数据信息直接发布到企业办公网络,增加企业的信息处理能力,便于管理决策。解决了人工操作不能解决的问题,如监视料仓仓位,皮带的防跑偏、防打滑的控制,实现系统连锁启停车以及生产与设备保护功能,确保了设备的长周期、稳定地运行。工艺技术指标在线显示,劳动生产率大幅度提高,企业综合管理水平得到进一步提升,在选矿厂中具有较强的推广价值。

(收稿日期 2005-06-28)