

# 全方位自动化系统在氯化钾项目中的应用

The Application of The General Automation System on The Project of Potassium Chloride

(北京金奥特曼科技有限责任公司) 金广业 孙 健 宋国栋  
(北京金自天正智能控制股份有限公司) 张洪军



金广业(1956-)

男, 辽宁大石桥人, 北京金奥特曼科技有限责任公司总经理, 高级工程师, 享受国务院特殊津贴, 研究生指导教师。出版过多部专著, 发表过近百篇论文。主要研究方向是工业过程自动化控制系统、PLC、MCC、过程仪表等, 负责过十几个大型工业过程自动化系统的设计和开发。

**摘要:** 本文介绍由智能马达控制中心、三层控制网络的新一代控制设备和实时的人机接口界面组成的全方位自动化系统在氯化钾项目中的应用, 给出了全方位自动化系统的结构、各部分应用情况和实际应用案例。

**关键词:** 全方位自动化系统; 氯化钾项目; 电力监控模块; 马达控制中心; 无线网络系统; 全球定位系统

**Abstract:** This article introduced the application of the general automation system on the project of potassium chloride. The general automation system include intellect MCC, three control network and human interface. The system construction and detail application was given.

**Key words:** general automation system; project of potassium chloride; power monitor; MCC; radio network; GPS

## 1 前言

氯化钾项目是我国目前迅速发展的产业, 其中青海盐湖的100万吨氯化钾项目是国家西部大开发十大项目的第九大项目; 国投罗布泊钾盐公司的120万吨项目则是由国投投资建设

的重大项目。北京金奥特曼科技有限责任公司与北京金自天正智能控制股份有限公司合作, 开发了应用在氯化钾项目上的全方位自动化控制系统, 该系统实现了从110KV供电向下的全部控制功能, 系统中使用了近百套电力监控模块、500多面智能MCC柜、上百台变频器和近20套可编程序控制器, 是罗克韦尔自动化产品在中国的最大规模应用, 并与无线网络系统、GPS定位系统一起组成了一个先进的工厂自动化系统。

## 2 工艺概况

氯化钾生产工艺过程是一个复杂的物理化学过程, 整个工艺包括原矿的采集、原矿的输送和由原矿加工成产品的过程。原矿的采集是通过多条水采机组在盐田中不断的采掘, 并将采掘到的矿料输送到岸上的泵站; 原矿的输送就是将由水采机组采集到的原矿通过多级泵站输送, 经过数十公里输送到加工厂; 加工厂将源源不断的原矿经过过滤、结晶并加入化学药剂, 经过物理化学过程生产出成品氯化钾。

## 3 系统总体结构

该系统涉及到全厂的自动化控制, 覆盖区域近百平方公里, 水采机组、各级泵站都分布在广阔

的盐田及陆地上, 而且整个系统要能互相通信联系, 各部分数据要能互相传输。为了满足这些要求, 系统总体结构采用无线通信网络, 图1为系统的总体结构图。

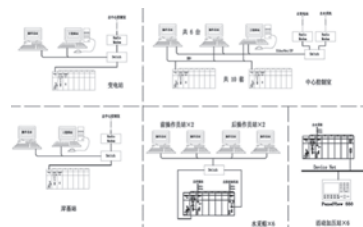


图1 氯化钾项目总体系统结构

中心控制室是系统的核心，其中包括六台操作员站，可分别操作显示系统的各个部分的运行状态；一个工程师站，负责系统的开发管理。操作员站和工程师站通过无线以太网与变电站和水采机组通信，二台无线电台采用的是DATA-LINC的以太网无线电台，分别与变电站和水采机组通信。中心控制室有十套由SLC5/04组成的可编程序控制器系统，实现对加工厂各个部分设备的操作控制，SLC5/04与操作站和工程师站之间为DH+通信网络。

变电站包括110KV、35KV、10KV变电所，变电站系统包括一台操作员站和一台工程师站，变电站中有一套由SLC5/05组成的可编程序控制器系统，负责对三个变电所的监视与控制；操作员站、工程师站、可编程序控制器之间使用以太网并通过无线以太网电台与中心控制室通信。

水采机组系统又可以分为岸基站、数套水采船和活动加压站系统。岸基站为水采机组控制系统的中心，岸基站包括一台操作员站、一台工程师站和一套由SLC5/05组成的可编程序控制器系统，负责对岸基站设备的控制；操作站、工程师站、可编程序控制器之间使用以太网并通过无线以太网电台与中心控制室和六套水采船通信。数套水采船的控制系统完全一样，每套水采船包括二台前操作员站、二台后操作员站和一套由SLC5/05组成的可编程序控制器系统，实现对整个水采船的控制，前操作员站位于水采船的前甲板，后操作员站位于水采船的后甲板；前后操作员站、可编程序控制器之间使用以太网并通过无线以太网电台向上与岸基站通信，向下与活动加压站通信。六台活动加压站的控制系统也完全一样，分别与六条水采船相对应，活动加压站系统包括一个PanelView 550操作监控站和一套由SLC5/05组成的可编程序控制器系统，实现活动加压站的控制。

由此可看出青海盐湖工业集团100万吨氯化钾自动化控制系统是一个庞大的系统，我们使用无线通信网络实现了整个系统的通信。

## 4 各部分的功能实现

### 4.1 变电站控制系统

图2为变电站系统结构图，变电站系统使用了一套可编程序控制器对高低压开关柜进行控制，同时使用了36套PM3000电

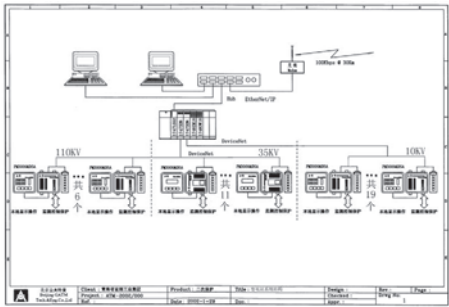


图2 变电站控制系统结构

力监控模块和DSA输入输出控制模块，分别实现了110KV、35KV和10KV变电所的控制。具体实现功能如下：

（1）35KV/10KV主变压器：采用三相电流输入方式，实现差动保护、过负荷保护、复合电压启动过流保护、零序过流零序过压保护、本地保护、通信等功能。

（2）35KV、10KV线路：采用双相电流输入方式，实现速断、过流、接地、故障记忆与显示、通讯等功能。

（3）10KV配电变压器：采用双相电流输入方式，实现高压侧过流速断、高压侧过流、高压侧不平衡电流保护、高、低压侧零序电流保护、故障记忆与显示、通讯等功能。

（4）10KV备用电源自投自复装置：母线由PT采集，进线由带电显示器接点采集，实现备用电源的自动投入、系统自动恢复、母联保护、故障记忆与显示、通讯等功能。

（5）PT切换及低电压保护装置：PT切换、低电压保护、PT断线监视、绝缘监视、故障记忆与显示、通讯等。

（6）快速母线保护：将同一母线上的多台保护装置的判断量结合到一起，利用附加逻辑综合判断功能来实现快速母线保护。如母线段内发生故障，则迅速将母线从所在电力系统切除，如在母线区外发生故障，各保护装置仍以原有的方式和设定值动作。110KV主变压器采用三相电流输入方式，实现差动保护，二次谐波制动比率差动保护，无制动的差动电流速断保护，该保护动作跳主变压器两侧断路器并发信号。

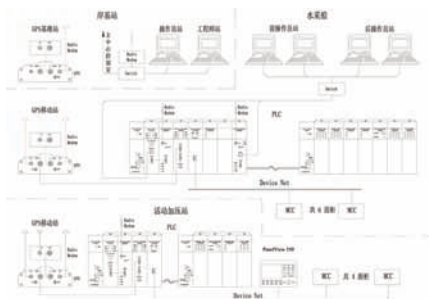
（7）画面显示功能：实时显示全站、分站电气主接线、按电压等级划分的分接线图、按单元划分的分接线图。在图中实时显示主要设备的运行状况和各种实时参数。显示各种图表及曲线，如棒图、负荷曲线、动态及历史趋势曲线。显示当前报警及历史报警。能按时序查询显示事件及历史报警。事故信号、操作纪录、保护设定值一览表，显示时间及安全运行天数。

（8）报表打印功能：现场运行状况打印，负荷曲线、温度曲线、趋势曲线打印，历史数据选择打印，日报表、月报表打印，屏幕拷贝，各种随机选择打印。

（9）通讯功能：站内上一级网络采用EtherNet，下级网络采用DeviceNet网络结构。与中心控制室的通信采用无线EtherNet，满足两站间距30Km要求。35KV变电站为主站，110KV和10KV变电站为从站。

### 4.2 水采机组控制系统

图3为水采机组控制系统结构图，水采机组控制系统包括了一个岸基站、六个水采船和六个活动加压站系统。其中岸基站中包括一套GPS定位基准站和一套SLC5/05系统，这里只给出了岸基站的通信结构，没有给出SLC5/05系统；每台水采船还包括了一套GPS定位移动站和六面智能MCC柜，GPS定位系统通过BASIC模板与SLC5/05通信；每台活动加压站也包括了一套GPS定位移动站和4面智能MCC柜，活动加压站的GPS定位系统也通过BASIC模板与SLC5/05通信。



水采机组的控制方案十分复杂，其中涉及到关键的控制功能如下：

## (1) SLC、GPS控制系统数据走向

根据生产工艺要求，采用双天线的GPS系统。这样，不仅可以测得水采船所在经纬度，也可测得水采船的角度。GPS自身天线接受的卫星数据与基准站发来的校正数据进行比较运算，得到符合精度数据。经过RS232口输出，通过ASCII串行通讯，由SLC中的串口接收GPS系统传送来的数据。程序解析出GPS传来的数据中水采船航行控制所需要的数值，水采船操作人员将要作业的航道或航行目的地通过计算机输入SLC，将设定值与水采船当前值进行比较，作出判断，指挥执行机构进行动作来满足生产过程要求。

## (2) 船体水平保持控制

水采船船体靠浮力平衡于水面，正常情况下，行走机构靠重力依附于盐田底面爬行，油缸的柔性可在一定范围内自动调节其伸缩长度。由于盐田底面的高低不平及盐田成矿对行走履带的羁绊，需要对行走机构施加下压力。底面的不平及下压力的不平衡会导致船体倾斜。由于系统采用了可姿态控制的GPS系统，故根据GPS数据可判断船体不平衡的方向，调整相应履带的下压力。

## (3) 切割头控制

根据工艺，切割头运动由两个开关控制油缸的伸缩来实现。由于物理特性不同，两个油缸的伸长及缩短的速度不同，造成切割头不平衡。所以求出两油缸伸长速度差系数K及缩短速度差系数K1是实现切割头控制的关键。当两个油缸运动时伸长量或缩短量之差接近5%时，一个油缸保持，另一个油缸运动至 $K(K1)*5\%$ 。然后再共同动作。

通过GPS数据检测船体姿态，若发现船后倾，检测前履带下压力，若下压力正常，则证明由于切割头的支撑导致船体倾斜，减少切割头的伸长量，直至船体平衡。否则加大切割头的伸长量。同时在切割头前端加装雷达或其它探测设备，根据探测设备检测的地形变化调节切割头的升降。

## (4) 浓度控制

若切割头不参与浓度控制，船的航速将与浓度成正比，但由于盐田成矿程度不同，简单的比例控制不能很好的解决这个问题。由于密度计的安装位置离矿浆入口比较近，整个系统可视为一个反应比较快的过程，因此在系统中采用PID自动控制功能，其中PID参数的设定成为系统控制好坏的关键。

## (5) 岸基站组态画面

岸基站设在码头或中心调度室。岸基站的组态思想与船上操作站是有区别的，船上操作站设立的主要目的是对设备的操作和船的驾驶。而岸基站设立的目的是使管理人员在远离操作现场的环境下，能够监视各个设备的运行状态及每艘水采船的工作状况，并在岸上就可进行数据统计，作业计划的通知和指令下达。基于这种思想，在对岸基站进行人机接口设计，画面组态时，首先要有一个全局概念，即岸基站要与所有船进行通讯，与所有船都可交换数据。但因为岸基站远离设备现场，对现场的实际情况不能切实把握，所以应限制岸基站对关键设备的操作。

### 数据统计画面：

以表格形势作出，列出每艘船初级泵的流量、密度，增压泵的流量、密度，用电量及矿产量的日统计，月统计等。并提供打印功能。

工作状况显示由主画面及数个子画面构成。主画面显示各个水采船及移动加压泵站主要设备的运行情况，如液压站、初级泵、增压泵。子画面1显示水采船上所有设备的工作状况、仪表数据、本船产量累计及报警提示。又分数个下拉画面，点中某个可操作设备会出现这个设备的当前状态，如运行或停止、功率、电流、频率等。另外还有导航及船位置显示画面、行驶及切割头操作画面、数据分析趋势图画面、航行轨迹画面、报警画面等。子画面2显示活动加压站上所有设备的工作状况、仪表数据、本船产量累计及报警提示，又分数个下拉画面，其画面分配和功能与子画面1相似。

还有作业指令下达画面和数据分析画面。作业指令下达画面有一些数据填充区域，用以填写每

艘船要采收的航道号，下达给不同的船进行作业。数据分析画面显示各船采矿量、浓度、流量等主要数据的趋势变换及历史纪录，并显示整个车间总产量、数据趋势等，供分析研究，作出决策，并为ERP系统充当数据源。

## (6) 其他控制要求及组态

活动加压站的随动控制：活动加压站在盐田中起着对矿浆传输增压及锚船的双重作用，由于船在盐田中长时间不移动会凹陷于矿物中。所以，在船更换航道时，锚船要随动，还要计算锚船与主船的距离是否超过了矿浆管长度，主船变换作业区域时，锚船也要随之变换锚点。

活动加压站上操作员界面的组态：活动加压站上有增压泵，液压站等重要设备，所以操作员有时也要上船去操作，为操作员提供一个良好的人机界面也是必需的，系统中采用PanelView550实现这一功能。主要组态画面有仪表显示画面、电机启停画面、履带提起画面、船体行走画面等。

## 4.3 加工厂控制系统

图4为加工厂控制系统结构图，加工厂控制系统是一个十分庞大的系统，包括六套操作员站、一套工程师站和十套



SLC5/04系统，每套SLC5/04系统通过DEVICENET连接数十面智能MCC柜，同时加工厂控制系统中还包括了机车定位系统，并与整个系统实现无线通信。加工厂控制系统包括了三层网络系统，最上层采用工业以太网，并与其他系统通过无线网络实现通信，过程控制网络采用DH+网络，实现加工厂内部各个控制部分的通信，最下层采用DEVICENET网络，实现SLC5/04系统与MCC和其它现场设备的通信。加工厂控制系统除完成一般的生产过程控制外，还有以下的主要功能：

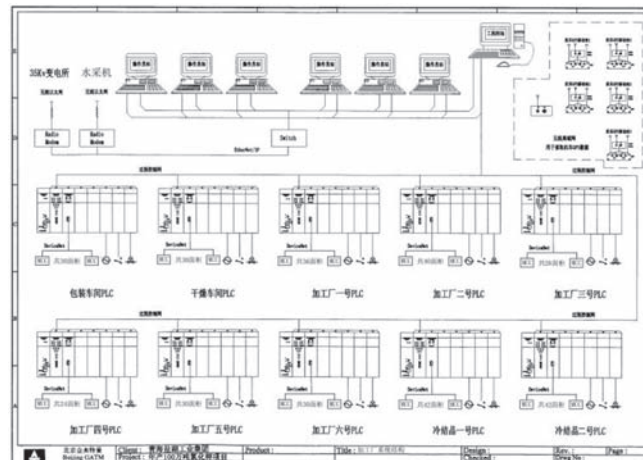


图4 加工厂控制系统结构

（1）出线开关和驱动装置控制

完成智能MCC的开关和驱动装置控制是SLC的传统的功能，系统中的智能MCC选用的是先进的集成式智能化IntelliCENTER马达控制中心，控制信号不是通过直接I/O，而是采用DEVICENET网络完成，并将控制执行状态和设备运行情况等数据由DEVICENET网络读回，在监控画面上显示、跟踪、报警、记录等。

（2）机车运行位置显示

机车运行方向、位置显示、运行调度等通过无线电台传送到中心控制室计算机，实现对机车运行方向和位置的显示

监控。

（3）监控画面组态

监控画面主要由四方面组成，包括供电系统状态显示，水采机组系统工作状态，机车运行状态和加工厂监控。加工厂监控画面主要包括加工厂工艺流程及状态画面、浓密机生产过程画面、浮选机的工作状态及液位、带机状态、结晶器状态、泵状态、干燥车间生产过程、包装车间生产过程等。

（4）浮选机槽体液位测量方法和仪表

浮选机中的矿浆添加药剂后，会涌浮出大量泡沫。为了检测液位可采取视频技术，通过简单的图像识别算法来测出液位。

（5）干燥炉控制

干燥炉控制要控制炉温、炉压和燃气用量，可采用优化的PID控制方案。

（6）水平带式过滤机滤饼测量方法

水平带式过滤机是用于固体与液体分离的一种装置，重要的是控制滤饼的厚度。可采用超声波测距传感器直接进行测量。

5 后记

本系统是全面应用自动化产品的典范，几乎包括了各类产品。系统投入运行后，将有10几条水采船航行在盐湖中，将有500多面智能MCC柜运行，将有30多台操作监控系统运行，20多台无线电台进行通信和20多台全球定位系统GPS在运行，从而构成了一个十分宏伟庞大，十分先进的多级全方位自动化控制系统。该系统已经成功地应用在青海盐湖集团100万吨氯化钾项目，并正在新疆罗布泊钾盐基地安装调试。