

浙江理工大学学报,第24卷,第5期,2007年9月
Journal of Zhejiang Sci-Tech University
Vol. 24, No. 5, Sept. 2007

文章编号: 1673-3851 (2007) 05-0562-05

TCP/IP 协议控制在太阳能热水装置中的应用

王志毅^{1,2}, 余季鸣², 李加乐³

(1. 浙江理工大学建筑工程学院, 杭州 310018; 2. 中国联合工程公司, 杭州 310022;

3. 浙江盾安人工环境设备股份有限公司, 浙江诸暨 311835)

摘要: 太阳能热泵混合式供热水装置的用户需要将设置的参数通过通信网络写入 PLC 中,使装置能够完全按照用户的要求运行,同时也可远程读取装置运行数据,实现对装置运行情况的完全监控。基于西门子 PLC 和北京昆仑通泰 MCGS 组态软件均支持 TCP/IP 协议,可以使安装 MCGS 软件的计算机与安装西门子 PLC 的太阳能热泵混合式供热水装置进行通讯。按照此方案进行设计、调试,成功地对 8 组太阳能热泵混合式供热水装置进行联网。该 8 组装置运行 2 年无故障记录,减少了用电加热时间,提高了效率,达到了用户的需求。

关键词: TCP/IP 协议; 太阳能热泵; 西门子 PLC; MCGS 组态软件

中图分类号: TK515 **文献标识码:** A

0 引言

太阳能的季节特性很明显,夏天日照时间长,投射角较大,获得的能量比较多,冬天则反之。由于技术、经济方面的原因,太阳能设备还不能够很有效地跨季节使用。采用太阳能热泵混合式供热水装置可充分利用太阳能设备,考虑太阳能不足时的热水供应以及节能需要^[1~3]。

1 系统简介

太阳能热泵混合式供热水装置是在原来常用的太阳能强制循环形式的基础上,增加一套热泵系统(见图 1)。系统适合于间歇供热场合,有两种不同的工作模式:a)当太阳辐射强度足够大时,不需要开启热泵,直接利用太阳能既可满足要求;b)当太阳辐射强度很小,以至水箱中的水温很低时,开启热泵,使其以空气为热源进行工作^[4,5]。由于采用翅片管换热器,本装置的容量比较小。

西门子 S7-200 系列可编程控制器凭借其低成本、性能稳定、抗干扰性强以及编程方便等特点,在暖通空调领域中获得广泛的应用^[6](见西门子(中国)有限公司自动化与驱动集团自动化系统部,《Simatic 西门子工业通讯网络》)。S7-200 系列 PLC 之 TCP/IP 协议功能在太阳能热泵混合式供热水装置(以下简称太阳能热泵热水装置)联网群控中的应用可以较好地满足用户的要求,降低项目初期投资和运行、维护的费用。

山东省潍坊市某宾馆安装 8 组太阳能热泵混合式供热水系统,分别安装在两幢楼屋顶上,每座宾馆总使用面积约为 5 000 m²。用户设有远程控制室,距两座宾馆大约为 300 m。

用户控制要求如下:

a) 能远程启停每台热水装置的运行;b) 能远程实时监测太阳能集热器温度、水箱温度数据,当检测数据超过规定范围时启动声光报警等;c) 能远程显示装置运行时的各种数据或故障信息,以使用户迅速排除

收稿日期: 2007-04-29

基金项目: 国家自然科学基金项目(59978035)

作者简介: 王志毅(1970—),男,山东潍坊人,高级工程师,博士,主要从事暖通空调节能及故障诊断的研究。

故障;d) 装置现场也能独立启动装置,以便一旦远程控制系统发生故障时能保证装置正常运行;e) 每台装置能根据室内热水温度变化自动上载或卸载热泵热水器、循环水泵等执行系统,使卫生热水的温度控制在恒定值;f) 所有装置运行信息均可在计算机硬盘上存档,且可按用户要求随时查询或将其打印输出。

2 控制系统设计

由于用户要求能远程监控太阳能热泵热水装置运行和读取装置运行时的各种数据信息,势必要求电气控制系统采用联网群控,而且要求远程监控系统能与装置内部的电气控制系统进行通信,互相进行数据的读写。另外若不采用网络控制,会存在以下问题:8 台装置的运行数据信息必须独自通过信号线送至远程监控系统,因数据线以及硬件通信装置过多,会导致一次投资过高;每台装置的运行数据不能共享,不能达到各装置之间运行平衡,以便有效延长装置的运行寿命;运行数据自动记录、在计算硬盘上自动存档等功能无法实现。

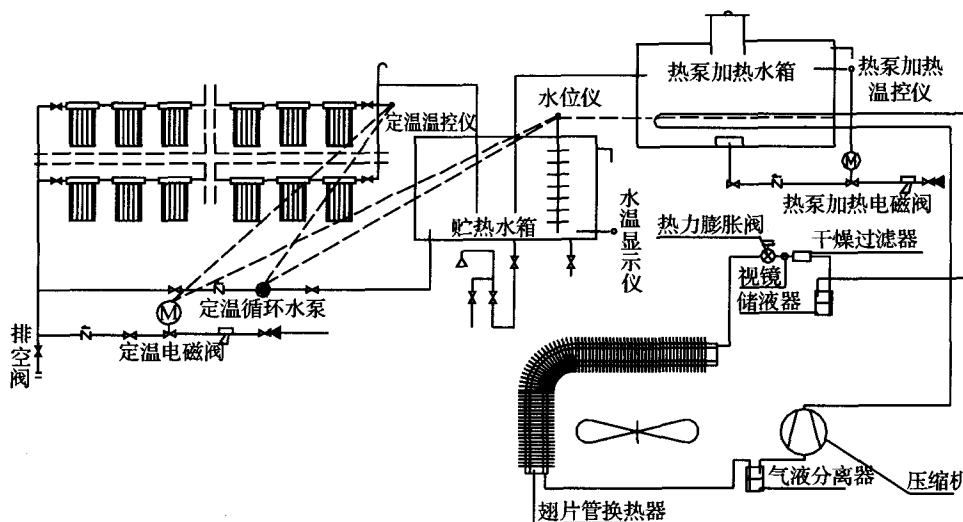


图 1 太阳能热泵混合式供热水系统图

在本应用中,太阳能热泵热水装置内部采用带以太网通讯功能 PLC 系统,远程监控系统采用安装组态软件系统的计算机,并使两者之间采用 TCP/IP 协议进行通讯。

采用西门子 PLC 进行网络通讯时,一般采用 Profibus 协议,但在本应用中却采用 TCP/IP 协议,主要是基于以下几点考虑。

a) Profibus 协议是一种用于定义过程现场总线的协议,而现场总线是安装在生产过程区域的现场设备/仪表与控制室内的自动控制装置/系统之间的一种串行、数字式、多点通信的数据总线,它位于生产控制和网络结构的底层。在应用现场总线通讯时,一般情况下,在各种现场设备之间有一定的距离,若采用传统的 4~20 mA 标准信号进行传输时需较高的硬件材料成本及安装成本。而在本应用中,PLC 和现场传感器、执行器等均安装在屋顶热水装置内部,两者之间的距离很近,一般不超过 10 m。因此取消 PLC 和现场传感器、执行器等之间的 Profibus 协议通讯,而仍然采用 4~20 mA 标准信号进行传输,提高性价比。

b) 在目前情况下,很多厂商的设备不支持 Profibus 协议,而 TCP/IP 却有广泛的通用性。当用户需对宾馆进行扩建或更新设备时,新设备有可能不支持 Profibus 协议,采用 TCP/IP 协议可以很方便地将新设备与原有网络进行无缝联接,减少重复投资。

c) 借助于 TCP/IP 的 WAP 功能,通过电话网络(例如 ISDN),并通过以太网通讯处理器可在宾馆远距离对用户装置进行编程或读取装置运行数据,使用户服务部门能及时了解装置情况。当故障发生时能作出准确的分析,对装置进行远程维护,而不需千里迢迢赶赴用户现场,极大地方便了用户服务工作。另外,当产品控制软件升级的同时,可方便地对用户的控制软件进行升级,更好地满足用户需求。

d) 基于 TCP/IP 协议的西门子以太网通讯处理器专为恶劣的工业环境开发设计,采用 10/100 M 自适应传输速率,冗余 24DC 供电,能适用现场各种温度、湿度、振动等环境参数,有效地抵抗强烈的电磁干扰,确保应用的安全可靠。若采用 Profibus 协议通讯就不能确保在这种恶劣环境的信号稳定传输。

2.1 电气控制系统主要硬(软)件配置

- a) 装置就地显示器: TD200 文本显示器(西门子公司);
- b) 可编程控制器(PLC): CPU224(14 入 10 出)(西门子公司);
- c) 模块量模块: 2 只, EM235(4 入 1 出)(西门子公司);
- d) 工业以太网通讯处理器: CP243-1(西门子公司);
- e) 温度变送器: EE15FT6B52, 4~20 mA(奥地利 E+E 公司);
- f) 远程用户操作界面: P4 CPU, 带网卡(联想集团);
- g) 快速以太网集线器: 3 只, D_LINK DES1024S(联想集团);
- h) 计算机组态软件: MCGS(北京昆仑通泰)。

2.2 供热水温度控制原理

电气控制系统首先由温度变送器采集太阳能热泵热水装置温度数据,并将其转换为 4~20 mA 信号传送到与可编程控制器联接的模拟量模块(EM235)中;用户在上位机中设定所需温度值,并通过电脑网卡、以太网集线器(多级),经西门子工业以太网通讯处理器(CP243-1)传送到可编程控制器(CPU224)中。最后 CPU224 对温度采样值与设定值进行比较,从而判断热水水箱实际温度与用户要求的差异。

CPU224 实时采集集热器内水温,并与设定值(推荐设定 50℃,可通过上位机由用户自由设定)相比较。在光照条件下,集热器内水温大于设定值时,CPU224 发出指令使定温电磁阀自动打开,自来水进入集热器,并将集热器内达到设定温度的热水顶入贮热水箱;相反当集热器内水温低于设定值-2℃时,CPU224 使定温电磁阀自动关闭。

当水位仪检测到贮热水箱水满时,自动发出指令给 CPU224,CPU224 收到该指令后,自动切断定温电磁阀,并自动转入水温上限设定(70℃)运行。当集热器内水温达到上限设定值时,CPU224 使定温电磁阀打开,同时自动启动定温循环水泵,将水箱内较低温度的水抽入集热器,而将集热器内达到上限温度的高温热水顶入贮热水箱;当集热器内水温低于上限设定值-2℃时,CPU224 使定温电磁阀自动关闭。

本太阳能热泵热水装置设有环境温度传感器。由于散热原因,造成贮热水箱水温低于设定温度时,CPU224 对贮热水箱温度和集热器出水温度进行比较,若集热器出水温度比贮热水箱温度高,则装置中 CPU224 自动在晴天条件下发出指令将循环水泵启动,使贮热水箱内的水和太阳能集热器内的水形成强制循环加热,当达到需要温度时,循环水泵关闭。

当太阳能产生热量不足时,CPU224 发出指令启动热泵辅助加热。当启动热泵加热后,冷凝盘管对热泵加热水箱内的水加热,当其温度达到上限设定温度时,热泵加热电磁阀自动打开,自来水进入热泵加热水箱底部,而将上部达到上限设定温度的热水顶入贮热水箱;当热泵加热水箱内温度低于上限设定温度-2℃时,热泵加热电磁阀自动关闭。

单台装置工作原理图如图 2。

2.3 网络联接

本网络系统主要由上位机(计算机)、以太网集线器(多级)、工业以太网通讯处理器、下位机(可编程控制器)组成。西门子 PLC 有很强的网络通讯功能,支持多种通讯协议如 Profibus 协议、Modbus-RTU/ASCII 协议、自由口协议、TCP/IP 协议等。根据实际情况在本应用中选择 TCP/IP 协议,以满足远距离通讯的需要,并达到最佳性价比。

联网原理图见图 3。

每个宾馆均安装有 4 台太阳能热泵热水系统,图 3 中仅画出一座宾馆 4 台太阳能热泵热水装置供热水联网原理图,另一宾馆联网原理基本与该宾馆相同,限于篇幅未给出。

2.4 通讯组态

使用西门子 S7-200 系列 PLC 专用编程软件 STEP7-MicroWIN V4.0 可完成下位机的所有参数设置。首先利用以太网向导对以太网通讯处理器 CP243-1 进行设置,其中需设置 CPU 的 IP 地址、网关地址参数等;再利用通讯功能对 CPU224 进行其它设置,如:设置通讯协议为 TCP/IP;对每个 CPU224 设置惟一的站地址,作为从站;设置波特率为 19.2kbit/s 等,使 CPU224 通过 CP243-1 与以太网进行连接。在 CPU224 的

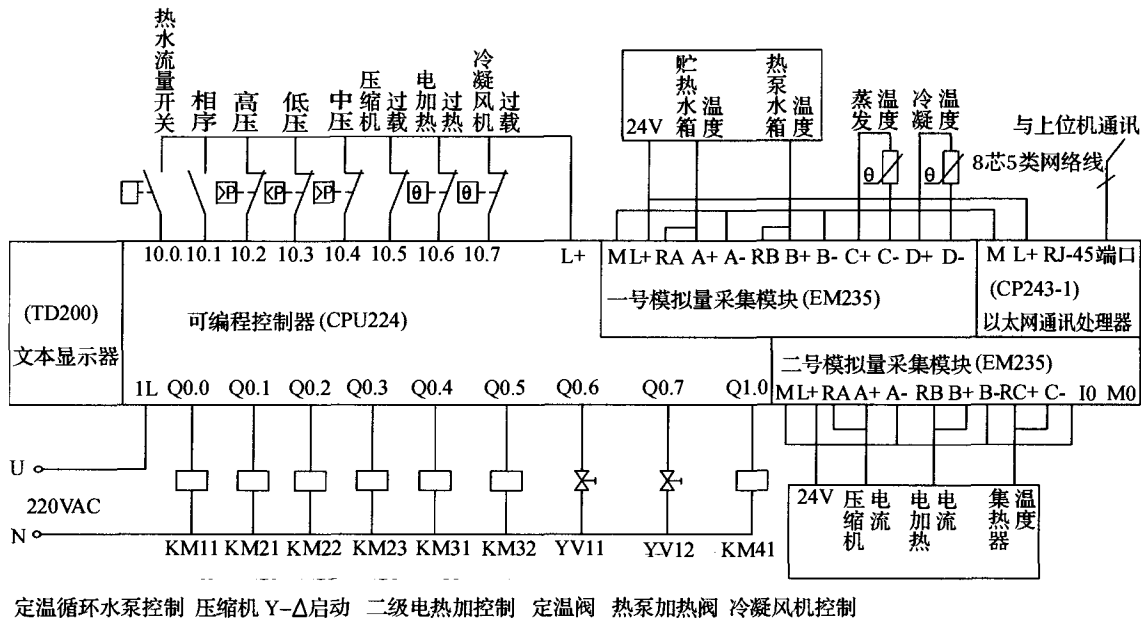


图 2 单台机组工作原理图

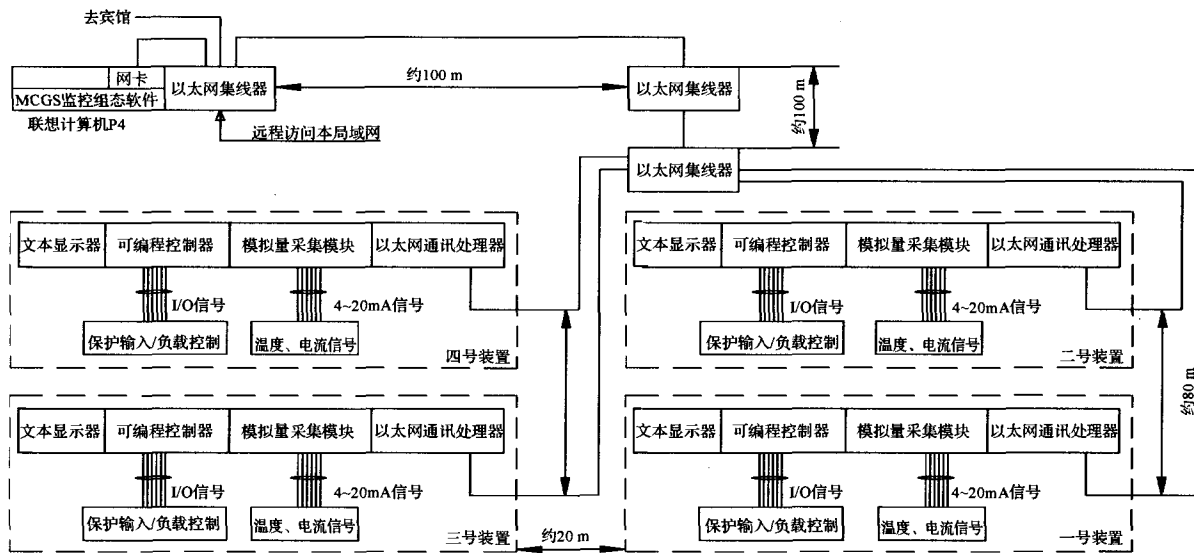


图 3 太阳能热泵热水装置联网原理图

程序中需调用以太网通讯子程序、装置各种保护输入程序、热水温度等模拟量处理程序、负载逻辑控制程序、数据解释功能块程序等。根据与上位机约定的数据交换块的长度、数据类型、源/目的地址等信息,必须编程一个通信数据解释功能块,将发送给计算机的数据送入缓冲区及从接收缓冲区中将数据送入目的地址。计算机与 PLC 通讯数据包见表 1~表 4。

计算机作为上位机,为实现与 CPU224 进行通讯,需安装计算机监控系统组态软件。这类软件目前市场上已有很多,如组态王、VIEW、MCGS(见:北京昆仑通态自动化软件科技有限公司。《全中文工控组态软件 MCGS 参考手册》)等,也可采用西门子 WINCC 组态软件,考虑到成本因素(一套西门子 WINCC 组态软件约 4 万人民币),此处采用北京昆仑通泰 MCGS 组态软件,该软件是一套基于 Windows2000 平台的快速构造和生成计算机监控系统的组态软件,可实现与各种硬件如变频器、PLC、采集板卡、智能模块、智能仪表等进行通讯,并可根据硬件不同选择不同的通讯协议如:TCP/IP、Modbus-RTU、Modbus-ASCII、PPI、Profibus 等。

利用 MCGS 组态软件可对上位机进行所有参数设置,如利用设备窗口将通讯协议设置为 TCP/IP 协议,将上位机设置为主站并设置与 8 台 CPU224 不同的站地址,设置与 CPU224 相同的波特率等。利用用户窗口设置用户所需要的界面,如集热器水箱、热泵水箱温度动态指示,压缩机、风机、电加热等装置负载的工

作状态指示,报警状态指示,还有用户设定参数画面等。利用实时数据库窗口可记录装置所有运行数据、故障数据以及发生故障时间等信息,并以 EXCEL 文档、图形文档等各种形式存放在硬盘中,用户可在任何时候查阅或打印输出。由于 8 台太阳能热泵热水装置作为下位机相互之间不进行通讯,只与上位机进行通讯,因此需在上位机上分别记录每台装置的运行数据,并根据每台装置的运行时间、故障数据和每个车间作息时间等信息来确定需开哪几台装置,同时使每台装置累计运行时间基本一致,使装置寿命相同。此功能可利用 MCGS 软件运行策略窗口进行设置。

表 1 计算机与 PLC 通讯数据—装置状态表

装置状态	数据属性	PLC 地址
压缩机投入能级	只读	VW3070
电加热投入级数	只读	VW3078
冷凝风机状态	只读	M20.3
开/关机状态	只读	M20.4
运行模式	只读	M20.5
水泵状态	只读	M20.6

表 2 计算机与 PLC 通讯数据—用户设定参数表

用户设定参数	数据属性	PLC 地址
设定热泵水箱温度	只写	VW3050
设定贮热水箱温度	只写	VW3054
设定运行模式	只写	M23.0
用户开/关机命令	只写	M23.1
本地/远程控制方式选择	只写	M23.2

表 3 计算机与 PLC 通讯数据—故障状态表

故障状态	数据属性	PLC 地址
制冷剂压力过低保护	只读	M21.0
制冷剂压力过高保护	只读	M21.1
电加热过热	只读	M21.2
相序保护	只读	M21.3
热水流量保护	只读	M21.4
压缩机过载保护	只读	M21.5
通讯异常	只读	M21.6
冷凝风机故障	只读	M21.7

表 4 计算机与 PLC 通讯数据—温度/电流表

温度/电流	数据属性	PLC 地址
热泵水箱温度	只读	VW3000
贮热水箱温度	只读	VW3004
冷凝温度	只读	VW3008
蒸发温度	只读	VW3012
压缩机电流	只读	VW3016
电加热器电流	只读	VW3020
集热器温度	只读	VW3024

注:表 1~表 4 为第一台装置的通讯数据,而 8 台装置通讯数据相同。

3 结束语

从用户实际情况出发,采用西门子可编程控制器,利用其 TCP/IP 协议而不用 Profibus 通讯协议,成功地对 8 台太阳能热泵热水装置进行联网监控运行,取消人工定时记录装置运行数据的落后作业方式,大大提高了工作效率,完全达到用户的需求。自从 2004 年 6 月调试成功并投入运行以来,装置运行完全正常稳定,未出现其它联网方式所经常出现的数据丢失、装置无故停机(死机)、通讯失常等故障,体现了设计方案的合理性。

参考文献:

- [1] 李 锐,张建国,俞 坚,等. 太阳能热泵系统[J]. 可再生能源, 2004,116(4): 30-32.
- [2] Kaygusuz K, Ayhan T. Experimental and theoretical investigation of combined solar heat pump system for residential heating[J]. *Energ Conservation & Management*, 1999,40(2):1337-1396.
- [3] Macarthur J W, Palm W J, Lessmann R C. Performance analysis and cost optimization of a solar-assisted heat pump system[J]. *Solar Energy*, 1978, 21(3): 1-9.
- [4] Mehmet E. Thermal performance of a solar-aided latent heat store used for space heating by heat pump[J]. *Solar Energy*, 2000,69(1):15-25.
- [5] 高 峰,孙成权,刘全根. 我国太阳能开发利用的现状与建议[J]. 能源工程, 2000(5):8-11.
- [6] Burghard von Glasow. 以太网何时取代自动化技术中的现场总线[G]//现场总线(PROFIBUS)技术应用论文集,第 2 辑. 上海:中国机电一体化技术应用协会现场总线(PROFIBUS)专业委员会. 2004:206-210.

(下转第 582 页)

[13] 张志涌. 精通 MATLAB5[M]. 3版. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2000.

Numerical Method of an Inverse Problem for Two-Dimensional Advection-Dispersion-Reaction Equations

GE Mei-bao^{1,2}, XU Ding-hua²

(1. School of Mathematics and Informational Science, East China Institute of Technology, Fuzhou 344000, China; 2. Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: The numerical method for the inverse problem of second-dimensional advection-dispersion-reaction equations is discussed in the article. By means of idea of the Quasi-Solution the inverse problem is converted into a sequence of well-posed forward problems and an ill-posed system of algebraic equations. For the corresponding forward problem, it gives the continuous dependence of the solution on the initial data, from which a stability estimate on time is obtained. The classic difference scheme of Euler is employed to solve the forward problem, and the truncated singular value decomposition is used to solve the ill-conditioned system of algebraic equation. The numerical simulation manifests that the numerical solution approaches the theoretical solution very well.

Key words: Advection-dispersion-reaction equations; Inverse problem; Quasi-solution method; Numerical method

(责任编辑: 马春晓)

(上接第 566 页)

Application of TCP/IP Protocol to Solar Energy Hot Water Units

WANG Zhi-yi^{1,2}, YU Ji-ming², LI Jia-le³

(1. School of Architecture and Engineering, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China;
2. China United Engineering Corporation, Hangzhou 310022, China;
3. Zhejiang Dun'an Artificial Environmental Equipment Co., Ltd, Zhejiang Zhuji 311835, China)

Abstract: The running parameters of solar heat pump hot water unit need to be written to PLC by network, the unit can run smoothly according to user's order. At the same time, one can monitor the solar heat pump hot water unit running conditions. Based on TCP/IP protocol of Siemens PLC and Beijing Kun-lung Tongtai Monitor and Control Generated System(MCGS), computers applying MCGS software can communicate solar heat pump hot water units by Siemens PLC. The authors make design and debug according to the plan. Eight equipment are composed of network successfully. They have run two years steadily without error. It decreases the start times of heat pump and improves energy efficiency and meet the user's order. The design plan is rational.

Key words: TCP/IP Protocol; Solar heat pump; Siemens PLC; Industry ethernet communication; MCGS software

(责任编辑: 张祖尧)