

出國報告(出國類別:其他)

# 林園廠液位計及流量計系統改善及數位資料傳輸介面應用計劃

服務機關:台灣中油公司石化事業部

姓名職稱:楊正男/儀電工程師

派赴國家:法國/德國/荷蘭

出國期間:96年6月6日至96年6月13日

報告日期:96年8月09日

# 摘要

石化事業部林園石化廠輸油課油槽液位監視系統、對外計量監視系及地磅計量管理系統，已整合建立電腦自動化 10 幾年，且流量計及油槽液位計儀器設備已老舊，資料傳輸速度也變慢，不符操作人員使用功能及管理要求，而目前輸油課是利用圖控整合技術架構而成輸儲計量系統。

為符合油品輸儲操作穩定性及對外計量準確性，藉由本次出國進行考察及研討，期能引進新式流量及液位儀器設備、數位傳輸技術和圖控整合資訊技術，來改善輸儲計量準確性，並提升輸儲計量系統輸送油品可靠性及提高輸儲管理者決策之效率。

# 目 錄

一、目的	1
二、過程	13
三、心得	18
四、建議	40

# 圖目錄

- 圖一、目前系統架構圖
- 圖二、標準 MODBUS 通訊協定
- 圖三、MODBUS 通訊方式一
- 圖四、MODBUS 通訊方式二
- 圖五、MICRO MOTION 質量流量計運動原理
- 圖六、CMF 型 MICRO MOTION 質量流量計
- 圖七、FAURE HERMAN TCX 透平流量計
- 圖八、FAURE HERMAN TZN 透平流量計
- 圖九、FAURE HERMAN FH8400 超音波流量計
- 圖十、FAURE HERMAN FH8300 超音波流量計
- 圖十一、FAURE HERMAN FH8500 超音波流量計
- 圖十二、伺服式液位計測量原理
- 圖十三、伺服式液位計構造
- 圖十四、伺服式液位計通訊界面單元系統架構
- 圖十五、伺服式液位計前置型通訊界面單元系統架構
- 圖十六、伺服式液位計前置型通訊界面單元量測及傳輸資料架構
- 圖十七、伺服式液位計增強型通訊界面單元系統架構
- 圖十八、伺服式液位計增強型通訊界面計算功能架構

# 一、目的

## 前言

石化業上游生產的高價值石化產品流量的計量準確性問題及油槽油品儲存、輸送計量，對公司的經營成本實在有其密切關係，以致輸儲計量品質及計量系統運轉效率便受到重大考驗。爲了有效提升輸儲計量系統效率，利用人機界面圖控系統技術整合計量儀器設備及運轉自動化、電腦化，已是石化業上游計量系統發展的重要方向。以往油帳的計量儀器累積值及油槽油品儲存量都是利用人工方式進行抄表，常因計量累積值數字太長，容易抄表錯誤，一有錯誤需重新核對，耗工耗時，且無法即時得知計量儀器之偏差，導致與下游用料公司對油帳準確性之爭議。爲了避免上述狀況發生而造成損失，現在石化事業部林園廠輸油課已採用多個資料收集控制器配合串列設備伺服器分別控制不同計量儀器設備，將計量資料收集整理後傳送至控制室監控電腦主機，並利用伺服器將動態資料儲存至資料庫中，且透過光纖網路，將各站資料相互傳送，形成一個分散式控制系統，可完全排除人工抄表及儀器偏差的缺點，且在效率上、功能性上及可靠度上亦獲得改善。

本廠目前以人機界面系統整合技術，將對外計量儀器監視系統、油槽液位監視系統及地磅作業管理監視系統，把這三大系統整合成自動化輸儲計量監控系統。此外，由於計量系統相關的設備眾多，涵蓋面廣，以往利用人工方式進行計量管理，已無法滿足有效管理設備之要求。近年來，由於個人電腦的執行效率提升，軟硬體成本降低，加上微軟視窗作業環境之普及，使得圖控視窗化對外計量儀器監視系統、油槽液位監視系統及地磅管理系統，進行資訊整合，以支援計量監控系統之規劃及運轉，具有高度之可行性

及投資效益。

本系統目前採用的圖控軟體，具備強大的整合性功能且易於使用的圖形化介面，具像化功能提供您的所有控制及資訊資源一個單一整合的畫面，並可與多種型式的資料收集控制器連接，降低了發展及維護人機介面操作系統所需的時間及成本，提升系統輸送油品決策的效率。本系統亦考慮因計量儀器設備眾多，導致讀取即時資料的速度過慢，故使用多個資料收集控制器配合串列設備伺服器作分散控制及資料收集的功能，再經由工業級電腦對各個分散式資料收集控制器作集中監控，以完成龐大系統之集中監控。

## 目前本廠自動化輸儲計量監控系統簡介

本系統並透過光纖網路系統與以 PC-Based 資料收集控制器收集工廠現場各站計量儀器資訊與監控主機電腦連線，再利用人機界面系統技術之整合應用，其目的為建立工廠自動化、電腦化之計量監控系統。圖一為目前系統之架構圖，由各個計量站流量積算器讀取各流量計之資料（流率、溫度、密度、累積值）、各站地磅感應讀取裝置及重量指示器讀取資料(人員資料、重量)、各油槽區油槽液位指示器讀取液位資料（高度、流率、溫度），透過 Modbus 方式經過處理、收集資料後組成資料收集通訊系統，再經由串列設備伺服器及資料收集控制器將資料透過光纖網路系統上傳至監控電腦主機，並將這些資料集中儲存至 SQL SERVER 資料庫中，且使用人機界面圖控系統軟體完成整個系統資訊集中監控管理，另外本系統亦可透過區域網路及網際網路在遠端電腦讀取所需之資訊，而建立一套整合性計量監控系統。本系統共分成對外計量儀器監視系統、地磅作業管理系統及油槽液位監視系統，由這三大部份組成計量監控系統，其說明如下：

## 外計量儀器監視系統由四個部份組成：

### 資料收集通訊系統

此部份為監視系統最重要之一環，故採用 PC-Based 資料收集之控制設備，其開放式之架構、模組式設計、穩定性高。此設備收集現場各種流量儀器設備資料，針對不同之儀器撰寫其 DDE SERVER 程式，使控制室內之監控電腦主機透過光纖網路即時的顯示現場之監測數據。

### 區域通訊網路系統

本系統利用新設之光纖系統將各計量站房聯結至控室，利用光纖之高傳輸、低干擾之優點，使監控電腦主機能快速的讀取資料收集控制器收集之現場儀器資訊。

### 資料庫管理系統

本系統利用 PI DATABASE 系統，此資料庫架構在 NT SERVER 上，經由 NT SERVER 上執行 PI DDE 之程式，使監視主機之即時資料能透過此程式由網路直接儲存至資料庫中。

### 使用者介面管理系統

本系統使用 Wonderware INTOUCH 人機界面軟體，中文化之介面，直覺式操作，且電腦一開機即自動啟動監視系統，使用者可輕易的學習及操作本系統。

## 地磅作業管理系統由四個部份組成：

### 刷卡管理系統

此部份使用感應卡設備辨識司機，因其運作原理為感應方式，使用時只需將感應卡靠近感應讀取裝置之上方即可，刷卡時不必與感應讀取裝置接觸，減少故障狀況。

## 區域通訊網路系統

本系統利用新設之光纖系統將各計量站房聯結至控室，利用光纖之高傳輸、低干擾之優點，使監控電腦主機能快速的讀取資料收集控制器收集之現場儀器資訊。

## 資料庫管理系統

本系統利用 PI DATABASE 系統，此資料庫架構在 NT SERVER 上，經由 NT SERVER 上執行 PI DDE 之程式，使監視主機之即時資料能透過此程式由網路直接儲存至資料庫中。

## 使用者介面管理系統

本系統使用 Wonderware INTOUCH 人機界面軟體，中文化之介面，直覺式操作，且電腦一開機即自動啟動監視系統，使用者可輕易的學習及操作本系統。

## 油槽液位監視系統由三個部份組成：

### 資料收集通訊系統

此部份為監視系統最重要之一環，故採用 PC-Based 資料收集之控制設備，其開放式之架構、模組式設計、穩定性高。此設備收集現場液位儀器設備資料，針對不同儀器撰寫其 DDE SERVER 程式，使控制室內之監控電腦主機透過光纖網路即時的顯示現場油槽液位之監測數據。

### 資料庫管理系統

本系統利用 PI DATABASE 系統，此資料庫架構在 NT SERVER 上，經由 NT SERVER 上執行 PI DDE 之程式，使監視主機之即時資料能透過此程式由網路直接儲存至資料庫中。

### 使用者介面管理系統

本系統使用 Wonderware INTOUCH 人機界面軟體，中文化之介面，直覺式操作，且電腦一開機即自動啟動監視系統，使用者可輕易的學習及操作本系統。

## 資料收集控制器

資料收集控制器為一開放式架構之 PLC，似小型的電腦包括：CPU Pentium 200MHZ、64MB DRAM、512K Cache、可擴充 7 個串列通訊埠（RS232 RS485 Modem）、32 點數位 I/O Modules、64 點類比輸入及 8 點輸出 I/O Modules、Ethernet、1.3 Gbytes Hard Drive Modules/1.44 Mbytes Floppy Drive Modules，利用 C++軟體發展語言來建構分配資料收集器通訊 COM 埠之各種用途及輸出、輸入的管理系統。資料收集控制器硬體架構採用模組化之管理，共有 12 個插槽，有 6 個 I/O 插槽埠以供給 6 個 I/O 卡之插用，當有不同用途時可插置不同功能的卡。資料收集控制器具有單工、多工通訊功能，可單一處理一份資料，也可同時收發多份資料，因它具有多個通訊埠。多工的特性，使得資料收集控制器更能夠處理數量多資料，且更能夠連結如石化業龐大的計量系統，而達到監控及管理的目的。

## 16 個串列埠的串列設備伺服器

### (16-Port Ethernet To RS-232 Data Gateway)

具有多功能通訊伺服器，可與任何 RS232/422/485 設備連線，並可立即具備連網能力，可在 Ethernet 上直接設定 IP，並支援設定儲存與複製，自動檢查 10/100Mbps 網路介面功能，現有應用軟體不需修改，只要設定需要使用的通道之指向，符合多種連接方式與安裝方式的需求，整合更容易。本系統目前使用兩台。

## 控制室工業級控制電腦主機

控制室工業級電腦主機為本系統之人機界面圖控系統中央控制的中樞，並透過光纖網路系統將各計量站，地磅站及油槽區資訊連結至控制室主機，利用 RS232/RS485 介面以

MODBUS 通訊方式與資料收集控制器及配合串列設備伺服器互相連接，使監視電腦主機能即時的讀取現場計量儀器的資訊。本系統在即時性開放式架構基礎的視窗作業（Windows NT）環境下，以易於使用者及有著強大繪圖引擎的圖形化介面，及建立與資料收集控制器內部的連結點，且毋需在本機內建立遠端點名稱，即可自遠端資料來源取得資料，並可收集整理各個資料收集控制器連接點的資料傳回至控制室電腦主機，使用高效能的工廠資料關聯式資料庫，它結合了關聯式資料庫的強大彈性，與高速且壓縮的即時系統，來完整地取得及儲存工廠資料，並將歷史及即時的資料與設定、事件、彙總和計量資料整合在一起。

### **控制室工業級電腦備用副機**

爲了避免因控制室監視電腦主機故障，造成通訊中斷，此系統另有一台副機備聯，如主機故障立即接手主機的工作。

### **網路遠端電腦**

可透過本系統光纖網路使管理階層及各工場人員，皆可從任何一台遠端電腦工作站，監視到此系統的相關資訊，亦可經由一個標準的網際網路連線到此系統瀏覽。

### **各式流量積算器**

本系統之流量指示器廠牌不一，共有三種，但其功能大同小異，主要功能是將現場輸送管線上流量由流量計信號傳送到流量積算器、顯示輸送管線上油品的流率、密度、溫度，同時又具有累積流量總讀數，另各具有二組類比輸出（0-20MA 或 4-20MA），各有一組頻率輸出及控制點，另有一組 RS232/485 介面，可使用 ASCII 格式傳輸，即可得知輸送時之流量資訊，而本系統是利用 Modbus 通訊方式與資料收集控制器作傳輸方式較適合，因本系統的流量積算器共有 80 多台。

## 油槽液位指示器

油槽液位指示器是將裝在油槽上的雷達液位計利用微波頻率來掃描，將掃描到的線性距離轉換成頻率，再經由液位指示器作數位信號處理顯示液位、溫度、壓力、流量，量測的精確度為 $\pm 0.2\text{mm}$ ，另具有一組 4-20mA 輸入頻率輸入及電驛輸出，其通訊的方式為 MODBUS 的型式。本系統共有 93 台液位指示器。

## 現場匯流排調變解調器(FBM)

它是一種 RS-232 及油槽液位指示器之間轉換器，它是使用在標準的 MODBUS 信號與使用者操作介面電腦中的一個介面。

## 感讀機

OMNI 感讀機是一種非刷卡式的讀取感卡資料的設備，主要是讀取感應卡中所設定人員及車輛的資料，再利用 RS232/RS485 介面方式作通訊傳輸。

## 重量指示器

SP100 為地磅使用的重量指示器，主要功能是顯示重量，透感應器量測車子的重量，將此信號送至重量指示器顯示重量，另有 RS232/RS485 介面作通訊傳輸。

## Modbus 通訊協定

Modbus 應用為目前工業界廣為應用的通訊介面，本系統中所用的計量儀器設備，其使用一般 Modbus 通訊協定作為與 IPC 通訊的方式。通常一般圖控軟體都會有提供與其通訊的方式，如 Wondernare 就有現成的 IO Drive 可用，當然如果沒有提供或是一些非標準的 Modbus 協定，則須自行開發，由 VB 或 BCB 撰寫，則是較快的方式，本系統是利用 ASCII CODE 方式。圖二為標準 Modbus 通訊協定。

## Modbus 通訊方式

圖三為 MODBUS 通訊方式一，是直接由 PC 下命令要控制器回傳資料。圖四為 MODBUS 通訊方式二，是由 MODBUS SLAVE 端的 Driver 收集資料後，等待 Client 端送出要求命令，便將 Server 資料回傳給 Client 端。本系統通訊方式是利用圖三 MODBUS 通訊方式。

## 目前本廠計量儀器設備簡介

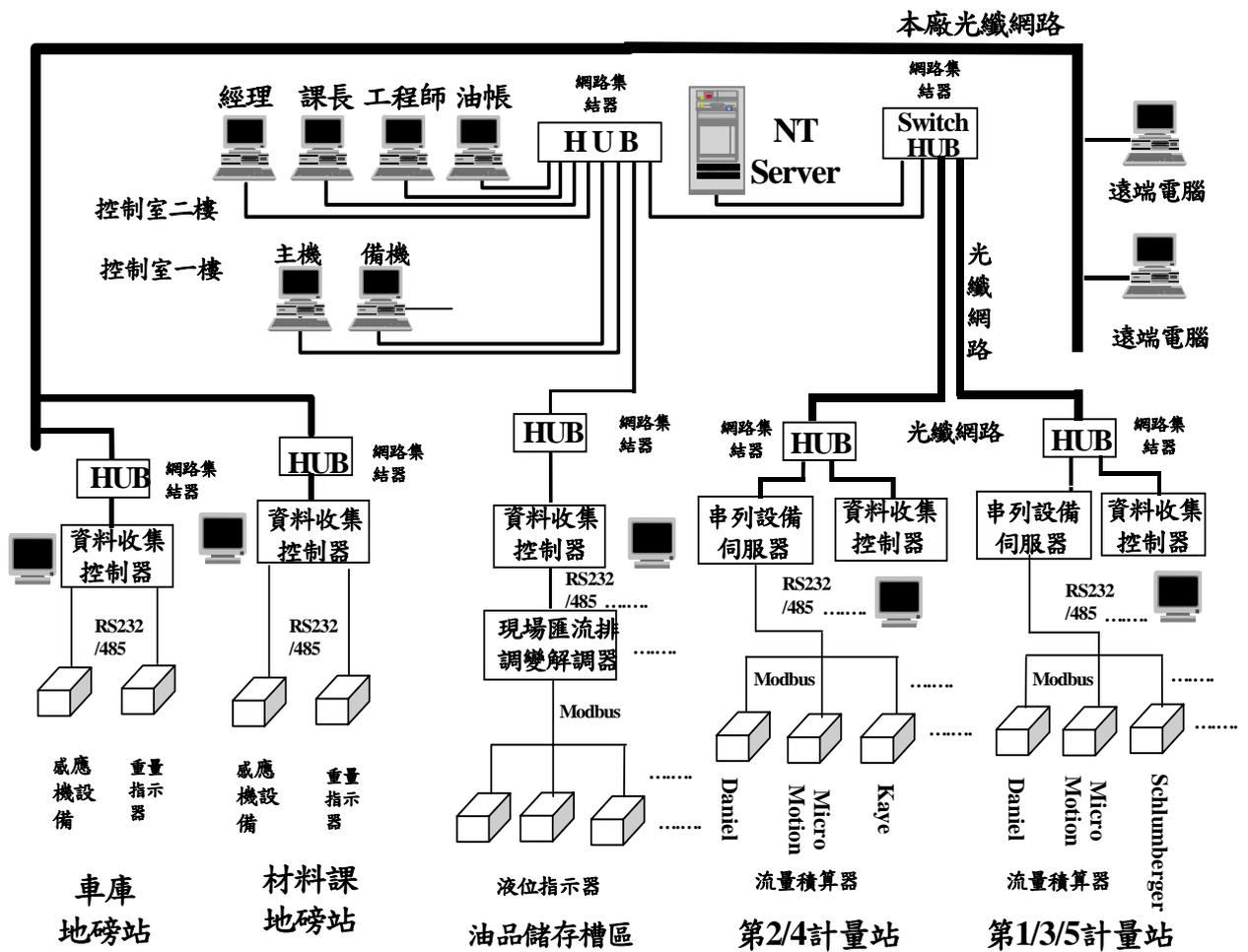
計量之儀器設備目前所採用質量流量計(廠牌為 MICRO MOTION CO.) 是與下游石化業者交易及本廠各工場間計量之流量計，此廠牌質量流量計穩定度高、故障率低且可用氣體及液體兩種流體，國家標準實驗室(工研院)及本部水流量校正實驗室也都採用此廠牌質量流量計當標準件，與本廠交易之下游石化業者也大部份使用此廠牌，代表此廠牌質量流量計之性能及穩定度皆能符合大家要求;本廠當初之石化產品合約計價方式為體積方式計價，使用之流量計為透平式流量計(用於液體石化產品)及質量流量計(用於氣體石化產品)，因體積方式計價會因流體溫度補償問題導致計價偏差極大，與下游石化業者常發生紛爭，而如採用質量方式計價便無此問題，並能提高計價準確度。

## 出國目的

本部林園石化廠輸油課油槽液位監視系統、對外計量監視系統及地磅計量管理系統，已用人機界面系統整合技術整合建立電腦自動化 10 幾年，流量計及油槽液位計已老舊且資料傳輸速度變慢，不符操作人員使用功能及管理要求，目前輸油課是利用圖控整合技術架構而成自動化輸儲計量監控系統。

為符合油品輸儲操作穩定性及計量準確性，藉由引進新流量及液位儀器設備、數位傳輸技術和圖控整合資訊技術，來改善輸儲計量準確性，並提升計量系統輸送油品可靠性及效益，且降低生產成本。

目前世界知名之流量計及液位計製造廠商有：ENRAF（荷）、MICRO MOTION（荷）、SICK（德）、FAURE & HERMAN（法）、SIEMEN（法）等公司，各廠家之設計及專業技術皆有其特色，擬利用此次參訪機會，針對上述本廠計量問題進行考察、研討，期能協助提高操作人員在輸儲管理及決策之效率。



圖一、目前系統之架構圖

RTU 方式

送： 

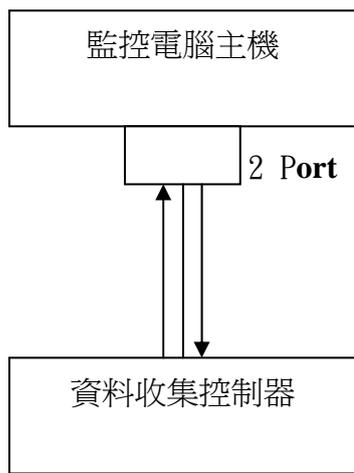
ADDRESS	FUNCTION	START NO.	NO. OF COILS	CRC
---------	----------	-----------	--------------	-----

收：

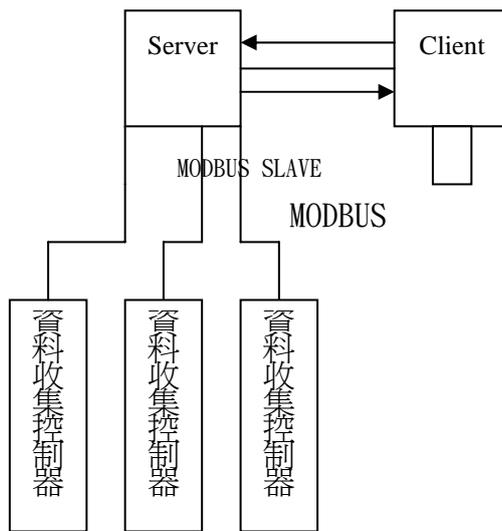
ADDRESS	FUNCTION	NO. OF DATA	CONTENTS OF INPUT REGISTER	CRC
---------	----------	-------------	----------------------------------	-----

ASCII 方式

圖二、標準 MODBUS 通訊協定



圖三、MODBUS 通訊方式一



圖四、MODBUS 通訊方式二

## 二、過程

此次出國參訪目前世界知名之流量計、液位計及人機界面圖控軟體製造廠商如下，ENRAF（荷）、MICRO MOTION（荷）、SICK（德）、FAURE & HERMAN（法）、SIEMEN（法）等公司。

### 參訪 ENRAF 荷蘭公司

ENRAF 荷蘭總公司是製造生產油槽液位計的廠商，其實 ENRAF 公司製造生產各式不同型式的液位計，應用於量測不同油料的油槽，例如製造生產 SmartRadar LEVEL GAUGES(Free space applications、Stilling well applications、High pressure applications、Wide Array Linear Planar free space antennas)、SERVO TANK GAUGES(Advanced Tank Gauges、Xmitting Tank Gauges)、HYDROSTATIC TANK GAUGING SYSTEMS(Hydrostatic Tank Gauging、Hybrid Inventory Measurement System)、TEMPERATURE GAUGING SYSTEMS(Spot temperature tank gauging、Average temperature tank gauging)，其中還包含 COMMUNICATION INTERFACE UNITS(CIU Prime、CIU PLUS、interface、data collection unit、inventory data processing unit)及 INVENTORY MANAGEMENT SYSTEM，本廠輸油課油槽有安裝伺服式液位計。

參訪 ENRAF 公司最主要是想進一步了解，國外如何用伺服式液位計來與客戶計價及數位傳輸介面功能作用如何。

### 參訪 MICRO MOTION 荷蘭分公司

MICRO MOTION 荷蘭分公司是全歐洲組裝、校正及提供技術支援質量流量計的工廠，其實 MICRO MOTION 荷蘭分公司只是美國 EMERSON 集團位於歐洲 FLOW 事業部的組裝工廠，EMERSON 集團共有 Final Control Devices、Measurement、Systems & Solutions、Analytical、Flow 五大事業部，FLOW 事業部下除了 MICRO MOTION 公司外，還有製造生產透平流量計、質量流量計、超音波流量計及流量標準校正儀器的知名廠商，例如 Brooks Instrument、Rosemount Flow、Fisher、DANIEL Measurement & Control、Gas Chromatographs、Flow Computer Division 等；本廠與下游石化業者交易、各工場間計量之流量計、本部水流量校正實驗室標準件及灌裝車台上，大部份皆用此種廠牌；MICRO MOTION 的質量流量計及流量標準校正儀器可應用於 Trucks & Railcars Loading/Unloading、Ship Loading/Loading/Unloading、Pipe Line Metering、LNG/LPG Metering、Proving Conioliis Meters 上。

在出國參訪公司工廠中 MICRO MOTION 荷蘭分公司，是間經營完善公司，工廠出貨量在工廠現場可真讓人目瞪口呆，代表 MICRO MOTION 所製造生產的產品廣受歡迎；在 MICRO MOTION 公司辦公室中，發現每個人辦公桌上皆有插著一面歐洲各國之不同國旗，原來 MICRO MOTION 公司每個人只專門負責一個國家，辦公桌上之國旗代表負責的國家。

參訪過程中確知本廠所使用之流量積算器 MODEL:RFT9739 型式已不生產品，目前換成 MODEL:3500 型式，故本廠須預早準備汰舊換新之計劃。

## 參訪 SICK 德國公司

SICK 德國公司是製造生量測 Process Gas Analysis、Emission Monitoring、Dust

Measurement、Volume Flow Measurement、Emission Data Acquisition、Water Analysis、Liquid Analysis、Level Measurement、Tunnel Sensors 的各式各樣儀器廠商，本廠目前受環保局列管煙囪的 CEMS 系統，所使用量測 SOX/NOX、Volume Flow、OPAC 測項的儀器皆是 SICK 公司製造生量，而不受環保局列管煙囪量測 NH3/CO/NO 測項的儀器大部份也是 SICK 公司製造生量，大家也知道歐洲國家是非常重視環保尤其是德國，由這次到德國漢堡市下飛機至市區，看到的是到處林蔭森林樹木花草；但此次參訪是想了解 SICK 公司生產的氣體超音波流量計(可量測天然氣、煤氣、空氣)之功能及應用。

### 參訪 FAURE HERMAN 法國公司

FAURE HERMAN 法國公司是專門製造各式各樣流量計的公司，例如超音波流量計在液體上之應用，因有 3 種系列，FH8300 它主要應用在 Oil Production、Pipeline Leak Detection、Oil Refineries、Chemical & Petro-chemical Plants、Energy/Power Plants、Water & Wastewater 及 Other Process Industries，FH8400 它主要應用在 Refined Products Transfer、Pipeline Measurement、Tank Farm Management、Tanker Loading，FH8500 它主要應用在 Oil Production & Allocation、FSO,FPSO Metering、Tanker off-loading、Storage Management、Pipeline Measurement；而 Liquid Turbine Flowmeter 也有 3 種系列，TZN Turbine Meter 主要應用在 Oil Production Allocation、FSO,FPSO Metering、Tanker off-loading、Storage Management、Pipeline Measurement，TCK Turbine Meter 主要應用在 Crude Oil Production、Refinery & Petrochemical Plants、Tank Farm Management、Pipeline Fiscal Metering、Power Industry，TZN Turbine Meter

主要應用在 Airport Refuellers、Wagon & Road Tankers、Loading Racks、Light Products Transfer、FAURE HERMAN 公司的產品本廠較少使用。

## 參訪 SIEMEN 法國公司

SIEMEN 法國公司是製造控制器(智慧型邏輯模組、微型 PLC、微型自動化、模組化控制器、系統最佳化控制器、I/O-Based 控制器、PC-Based 控制器、PC 自動化控制器與 HMI 合一)分散式 I/O(模組化 I/O、高點數 I/O、強化區塊 I/O 系統、Compact Block I/O 系統、本質 I/O 系統)、人機界面(微型面板、行動面板、面板, 多功能面板、機器等級 HMI 規化軟體、提供工廠智慧功能的 SCADA 軟體)、工業 PC(19" 機架安裝、輕巧機器安裝、內嵌式)、工業通訊(工業乙太網路交換器)、安全性整合(失效安全控制器、模組化失效安全 I/O、模組化失效安全馬達啟動器、模組化失效安全變頻器、安全性網路元件、安全性裝置、安全性變頻器系統)、製程自動化(製程安全性控制器、工廠安全性 I/O 系統、秤重技術、壓力傳/溫度物位傳送器、流量計、製程控制器、氣體分析儀、氣相層析儀)、智慧型感測、馬達(直流/齒輪/高低壓伺服馬達、無框/有框永久磁鐵伺服馬達、非同步伺服馬達、馬達管理系統)、驅動器系統(變頻器、模組化驅動器系統、驅動控制器、大型驅動控制盤、模組化交流驅動器、集中式驅動器系統、分散式驅動器系統、交流驅動器、中電壓交流驅動器)廠家, SIEMEN 也是自動化工程規化軟體公司, SIEMEN 工業軟體提供通用開發環境, 適用於整合式自動化系統的全系統工程規化。

SIEMEN 公司所製造的流量計, 適合所有類型的液體, 提供 Coriolis、電磁、流孔板、旋轉活塞、超音波流量計和流量指示器, 本廠目前廢棄物工場及供水工場使用 SIEMEN 公司

的電磁式流量計，此種形式之電磁式流量計非常耐用且故障率低。

# 三、心得

## 針對各式流量計心得

目前世界流量計製造廠商很多，流量量測儀器的種類也繁多，如何選擇適合本廠各工場計量的流量計，是一大課題。當然需針對量測儀器特性及適用性考量，例如先考慮

- 一、流體是固體、氣體或液體，而流體的黏度、壓力、溫度等操作變數。
- 二、流體的壓力損失。
- 三、價位、安裝等考量。
- 四、量測儀器本身的適切性。
- 五、準確度要求的考量。
- 六、管線尺寸大小。
- 七、重現性。
- 八、靈敏性。
- 九、等級。
- 十、可靠度。
- 十一、層流及擾流的考量。
- 十二、流量的單位。

### 質量流量計(Mass Flowmeters)(MICRO MOTION)

質量，顧名思義，表示一物體中的材料，相當於重量除以地心引力所得的加速度 ( $m=w/g$ )。質量流量作動的原理，係當流體流入探測管時，在振動前半週期，會對振動管產生一垂直向上運動力量。而在振動的後半週期，會對振動管產生一垂直向下運動力量，造成扭力角度(Twist angle)，這就是所謂 Coriolis 效應，有時又稱為 Coriolis Flowmeters。

探測管的扭曲量是正比例於流體流速關係，而裝在流量管兩端的電磁流速測器 (Electromagnetic Velocity Detectors)則以扭曲角度多寡，來決定流速的相位時間差，進

而換算成質量流量。當然沒有流體流動時，沒有振動頻率。相對地，沒有扭曲角度，也就沒有時間差，流量指示為零。(現今廠家已朝向直管型式開發)。主要的原理是依據牛頓第二運動定律  $F=ma$ ，檢測出時間相位差，而測出流率。(如圖五、質量流量計運動原理)

故本廠輸油課對外計量站與下游客戶、灌裝車台及各廠間計價的氣/液體流量計，選用 MICRO MOTION 質量流量計(如下圖六、CMF 型 MICRO MOTION 質量流量計)是對的選擇，因它的 SENSOR 可測氣/液體兩種，其故障率極低、準確度高、可靠度高、安裝容易及壓力損失低，並可減少與客戶之間計量紛爭較具有公信力，但在價格上較為昂貴。

本部水流量校正實驗室也都採用此廠牌質量流量計當標準件，其校正器也是使用 MICRO MOTION 所製造生產的，其實在國外生產原油的國家，每條計量油品的管線皆設置一套校正設備，只要覺得計量油品質量流量計有誤差便可馬上現場校對，因他們輸送管線尺寸及油量較大;但本廠因場所環境及經濟效率考慮下，只能定期拆下質量流量計及流量積算器至水流量校正實驗室校正。

MICRO MOTION 流量積算器 MODEL:RFT9739 系列已不生產，目前生產功能較佳及數位通訊優良的 MODEL:3500 系列，本廠應盡快規劃設計完善的汰舊換新之計劃，以提升操作管理之效率。

### **超音波流量計(Ultrasonic Flowmeters) (FAURE HERMAN、SICK)**

音波在三相中都能順利傳播，超音波流量計就是依此音波在三相中傳波方式，測量其流速，再經轉換器轉換成流量值。超音波是屬於無壓力損失的一種量測儀器，而且安裝的直管部(Straight run)可以做到 7D(流孔板約為 25D)。

超音波流量計主要兩個結構元件為：

1. 檢測器(Transducer):係安裝於待測的管線上，作為發射與接收音波的裝置。
2. 轉換器(Converter):將檢測器所超音波傳波傳播時間差換算成流量值。

超音波流量計依量測原理分為：

時間差法原理(Transit time measurement):

係利用於待的管路上，在想測斜對角上安裝兩個檢測器，一個作為發射音波信號用。另一個作為接收信號用。當上游端的檢測器順著流體流動方向傳送信號出去，下游端的檢測器接收到信號後，則逆流反方向傳送回來。

都卜勒式原理(Doppler effect):

都卜勒式主要係利用頻率信號來量測信號，當超音波照射在流體上的顆粒、懸浮物或者氣泡上而產生擴散反射，則會改變其頻率。也就是說，都卜勒式係利用此頻率的改變多寡，計算出流速的快慢，在轉換成流量指示。

本廠超音波流量計(插入式)用於廢氣排放管線的量測，使用插入式之超音波流量計，因適合現場管線尺寸為 30" 以上之安裝，其它如不能動火輸送管線可用夾管式超音波流量計來作計量量測(只能量測液體)，但其誤差較大只能作為參考值;故超音波流量計其應用之範圍依流體之不同有所差別，利用時間差法原理之超音波流量計應用於水、原水、淨水，而利用都卜勒式原理之超音波流量計應用於較污濁的廢水/廢氣流體。

FAURE HERMAN 有製造生產透平流量計及超音波流量計等好幾種流量計系列，如 TCX 透平流量計(如圖七)、TZN 透平流量計(如圖八)、8400 系列超音波流量計(如圖九)、8300 系列超音波流量計(如圖十)、8500 系列超音波流量計(如圖十一)其使用方式及方法如上所述，較

特別的屬 8500 系列超音波流量計，特點是具有 18 Paths Ccnfiguration 的檢測功能，其誤差度為 $\pm 0.15\%$ ，尺寸為 4” to 24”。

SICK 較特別的有製造生產氣體用之超音波流量計 FLOWSIC600 系列，特點是具有雙向計量、高效率感測器、抗超音波噪音干擾、量測範圍大到 1:120、強抗過濾能力、內置目錄及 4 個體積計數儲存器、智慧型診斷、低能耗 $<1W$ 、可用空氣在大氣壓下實施校正，尺寸由 2” to 48”，1 個測量聲道誤差為 $\pm 2.0$ ，2 個測量聲道誤差為 $\pm 1.0$ ，4 個測量聲道誤差為 $\pm 0.5$ ，高壓校正後為 $\pm 0.2$ ，可質量計量。

### 電磁流量計 (SIEMEN)

電磁流量計系利用法拉第的電磁感應定律(Faraday' s Law of Induction)原理。當導體流體由管內通過電磁流量計的磁場內時，則導體兩端會因感應產生一電動勢，在由兩端電極接形成一電路產生電流，與流體的流量正比例關係。基於電磁流量計之結構原理，若所測定之流體的導電率很小時，則導致測定誤差也很大，在廢水工場就使用很多電磁流量計，而超純水則不適用，因為超純水的導電率很低。

電磁流量計應用特性：

1. 壓力損失很低。
2. 適合一些較不易處理的流體，如廢水,泥漿等。
3. 管徑尺寸應用範圍廣(由 1/16” ~80” )。
4. 主要應用極限在於流體必須為導體。

本廠目前所使用之電磁流量計大部份皆安裝於廢水工場，其廠牌大部份皆是 SIEMEN，因安裝方式及場所是對的，故電磁流量計故障率非常低；SIEMEN 電磁流量計之積算器已更換設

定容易的型式，往後積算器故障時可更換新型式來使用。

## 針對伺服式液位計心得

伺服，它是說某一系統受到某一驅動器的控制，而此控制器是根據此系統之現行狀況與目標值比較之後，而決定採行的措施。換言之，既為一自動回饋控制系統，它會依機件的狀況作必要的調整，此系統可取代原有人工的調整，且誤差減小。

伺服控制系統(Servo Control System)可分為兩類：

1. 直流伺服系統。
2. 步進式馬達。

步進式馬達是一種每收到一個脈衝信號，便使其旋轉固定角度的馬達。步進式馬達構造較簡單，但控制效果不夠精確，需加上回饋系統後才能工作。

伺服式液位計可說是浮筒式液位計的演進，其構造(如圖十三)，它係利用一雙向步進式馬達(Servo gauge)是藉由一微處理機來控制，由精準的應變計(Strain gauge)感測器來換算液位的高低因應多少電阻值，而輸出電流信號，作為液位的指示。

主要操作原理(如圖十二)係利用浮球在空氣中、油品中的拉緊力不同，來位移伺服轉軸臂而改變應變計來偵測液面，同時將信號送給微處理機去驅動步進馬達的上下位移，直至液面被偵測到為止。

本廠量測油槽石化產品高度、流率、溫度之儀器設備有兩種型式及廠牌液位計，廠牌為SAAB及ENRAF，前者屬於雷達波式液位計後者屬於伺服式液位計，本廠油槽所使用的雷達波式液位計及伺服式液位計目前功能不當作計價用，只提供操作人員知道油槽儲存量；最早油槽

量測是利用人工油尺去量測儲油之高度。

下表是對伺服式液位計(Servo)與雷達波式(10G Hz)液位計(Radar)功能及優/缺點比較表：

	伺服式液位計(Servo)	雷達波式(10G Hz)液位計(Radar)
量測範圍	0-27 米(標準), 0-150 米(選購)	(+/-10.5 或 +/-1.0mm)
精度度	(+/-10.5 或 +/-1.0mm)	(+/-10.5 或 +/-1.0mm)
安裝限制	無, 有無鋼管皆可, 不影響精確度, 無槽壁距離限制	需區分無鋼管型(Free Space)與鋼管型(Still Pipe)無鋼管型發射器不可距離槽壁 3 米內(槽高 20 米時), 否則低液位時會產生假訊號
量測密度功能	可, +/-5kg/m <sup>3</sup> Accuracy	雷達波液位計無此功能, 需外加壓力傳送器輸入
量測油水或介面功能	可, +/-2mm Accuracy	雷達波液位計無此功能, 需外加水位感測器輸入
轉動元件	有轉動元件	無轉動元件
液位校正	若油槽未能清槽時, 可將浮球下降至油槽底部, 執行零點校正, 不需清槽, 維修者可自行以規劃器校正	需清槽時校正, 若無法清槽則只能量測出油槽上空層, 減掉油槽全高, 反推出液位, 需使用原廠軟體, 及經教育訓練後之專業人員判讀出反射波型圖, 才能正確校正液位
量測元件	浮球接觸式, 伺服馬達驅動, 不受油槽壓力, 氣態影響量測精確度	雷達非接觸式, 量測油槽上空層, 易受油槽壓力, 氣態而干擾影響量測精確度
維修、保養費用及使用壽命	伺服步進馬達為機械性構造, 其餘皆為模組化 IC 板, 易於更換零件, 單一零件維修價格較低, 更換零件後不需重新校正液位, 使用壽命為 15 年以上	雷達波發射器於使用數年後, 發射功率會衰減, 需回國外原廠更換雷達波發射器及重新校正, 雷達波發射器使用壽命約為 10 年, 雷達波發射器更新價格約為整台新品 8 成價格

## 針對數位傳輸技術心得

MICRO MOTION 流量積算器目前生產功能較佳及數位通訊優良的 MODEL: 3500 系列, 其數位傳輸功能是採用 MODBUS 通訊界面 RS232/RS485 方式, 傳輸資料之效率較佳, 本廠已著手

規化中。

伺服式液位計目前有最新數位傳輸系統架構(如圖十四)，由現場液位計指示計透過利用 MODBUS 通訊界面 RS232/RS485 方式，將液位資料傳至增強型(CIU Plus)或前置型(CIU Prime) 通訊界面單元，經過計算後的資料由人機界面操作畫面指示出，而增強型通訊界面單元就是 (CIU Plus)負責計算功能，其架構(如圖十七、八)。

一個前置型(CIU Prime)通訊界面單元(如圖十五)可容納最多 50 TANKS 的基本資料，而前置型(CIU Prime)通訊界面單元(如圖十六)可量測及傳輸液位計警報、油槽液位、油槽平均溫度、槽底水位、氣態溫度、密度 API、氣態壓力資料。

輸油課目前將現有 Wonderware Intouch 圖控軟/硬體升級為 Wonderware IAS 架構的選擇是對的，故輸油課控制室 Client 端之所有監控工作站需重新規劃；新架設 Web Server 工作站並建置 SuiteVoyager 網頁軟體〔SuiteVoyager 是一套經由企業網路〔Intranet〕及網際網路〔Intranet〕監控工廠端資訊“入口網站”的執行軟體，遠端的操作者只須透過 IE 便可輕易存取工廠資料。

並建置工業級即時關聯性資料庫〔IndustrialSQL Server〕，能迅速收集及處理各類信號資料，其儲存速度特快，約為傳統方式〔ODBC〕的 300 倍，以 25000 點為例，儲存一個循環〔cycle〕資料，時間少於 3 秒；IndustrialSQL Server 的資料壓縮率為 98%，也就是說有 50 倍的壓縮比例，如現場有 1MB 的資料要儲存，透過 IndustrialSQL Server 儲存後實際資料在 MS SQL 內所佔的空間只有 20KB；系統已內建資料庫表格使用者不須重新計，並提供報表產生器〔報表精靈〕以利使用者製作報表。

故 Wonderware IAS 數位傳輸整合技術架構，確實能提供本廠操作單位之需求，並提升操

作工作效率。

## Theory of Operation

### Flow

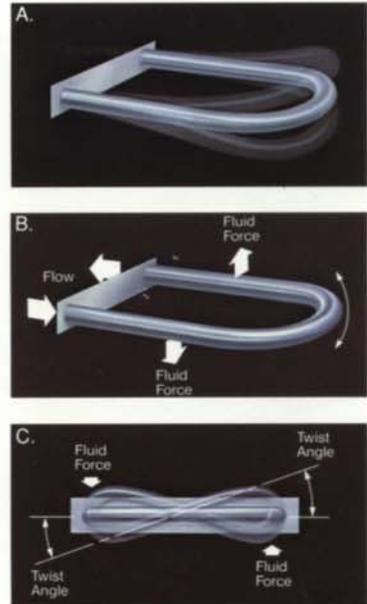
A flowmetering system is comprised of a sensor and a signal processing transmitter. Each sensor consists of one or two flow tubes enclosed in a sensor housing. Micro Motion flowmeters operate by applying Newton's Second Law of Motion: Force = mass X acceleration ( $F=ma$ ).

Inside the sensor housing, the flow tube vibrates at its natural frequency (Figure A). The flow tube is driven by an electromagnetic drive coil located at the center of the bend in the tube. The vibration is similar to that of a tuning fork, with an amplitude of less than a tenth of an inch and a frequency of approximately 80 cycles per second.

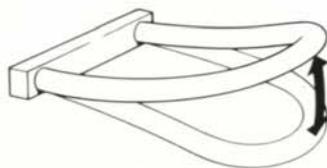
The fluid flows into the sensor tube, and is forced to take on the vertical momentum of the vibrating tube. When the tube is moving upward during half of its vibration cycle (Figure B), the fluid flowing into the sensor resists being forced upward by pushing down on the tube. Having the tube's upward momentum as it travels around the tube bend,

the fluid flowing out of the sensor resists having its vertical motion decreased by pushing up on the tube (Figure B). This causes the flow tube to twist (Figure C). When the tube is moving downward during the second half of its vibration cycle, it twists in the opposite direction. This twisting characteristic is called the Coriolis effect.

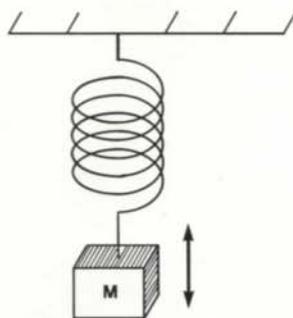
Due to Newton's Second Law of Motion, the amount of sensor tube twist is directly proportional to the mass flow rate of the fluid flowing through the tube. Electromagnetic velocity detectors located on each side of the flow tube measure the velocity of the vibrating tube. Mass flow is determined by measuring the time difference exhibited by the velocity detector signals. During zero flow conditions, no tube twist occurs, resulting in no time difference between the two velocity signals. With flow, a twist occurs with a resulting time difference between the two velocity signals. This time difference is directly proportional to mass flow.



A. Sensor tube vibration.  
B. Forces acting on sensor tube in upward motion.  
C. End view of a sensor tube indicating force couple and tube twist.



Coriolis flowmeter



Spring & mass assembly

### Density

A flowmeter's tube(s) are mounted in a fixed arrangement on one end and are free on the other end. This design configuration can be envisioned as a spring and mass assembly.

Once placed in motion, a spring and mass assembly will vibrate at its resonant frequency. The resonant frequency is a function of the mass of the assembly. A Micro Motion Coriolis sensor is vibrated at its resonant frequency using a drive coil and feedback circuit. This resonant frequency of the tube assembly is a function of the geometry, material of construction, and mass of the tube assembly. The tube assembly mass is comprised of two parts: the mass of the tube and the mass of the fluid in the tube. The mass of the tube(s) is fixed for a given sensor. Since mass (fluid in the tubes) = density x tube volume, and the tube volume is constant for any

given sensor size, frequency of oscillation can be related to fluid density. Therefore, for a given tube geometry of a given material of construction, the density of the fluid can be determined by measuring the resonant vibration frequency.

Using the same coil and magnet detection system employed for mass flow, an electrical signal is available that represents the resonant vibration frequency. A temperature sensor accounts for the changes in the modulus of elasticity of the tube due to temperature changes.

A periodic measurement is made of the sensor tube period and temperature. The fluid density is calculated using a linear relationship between density and the tube period, and calibration constants. Using this information, an output is then produced representing fluid density.

**Now available with  
MVD™ Technology!**

## ELITE® Mass Flow and Density Meters



MVD<sup>™</sup> technology   

**Micro Motion**  
FISHER-ROSEMOUNT™

圖六、CMF 型 MICRO MOTION 質量流量計

# HELIFLU™ TCX

**The Accurate Measurement  
of Low to Medium Viscosity Liquids**

*To Optimize your Performances*



## Main Applications

Crude Oil Production  
Refinery & Petrochemical Plants  
Tank Farm Management  
Pipeline Fiscal Metering  
Power Industry



**FAURE HERMAN**

*Mastering the Flow*

[www.faureherman.com](http://www.faureherman.com)

圖七、FAURE HERMAN TCX 透平流量計

# HELIFLU™ TZN

**The Dedicated Turbine Flowmeter  
for Custody Transfer Measurement**

*To Secure your Performances*



## Main Applications

- Oil Production Allocation
- FSO, FPSO Metering
- Tanker Offloading
- Storage Management
- Pipeline Measurement



**FAURE HERMAN**

*Mastering the Flow*

[www.faureherman.com](http://www.faureherman.com)

圖八、FAURE HERMAN TZN 透平流量計

# FH8400

**The Custody Transfer Flowmeter  
for Light Products**

*The Solution to Secure your Transactions*



## Main Applications

Refined Products Transfer  
Pipeline Measurement  
Tank Farm Management  
Tanker Loading



**FAURE HERMAN**

*Mastering the Flow*

[www.faureherman.com](http://www.faureherman.com)

圖九、FAURE HERMAN FH8400 超音波流量計

# FH8300

## The Versatile Ultrasonic Flowmeter for Liquid Applications

*A Solution Tailored to your Needs*



### Main Applications

- Oil Production
- Pipeline Leak Detection
- Oil Refineries
- Chemical & Petro-chemical Plants
- Energy / Power Plants
- Water & Wastewater
- Other Process Industries



**FAURE HERMAN**

*Mastering the Flow*

[www.faureherman.com](http://www.faureherman.com)

圖十、FAURE HERMAN FH8300 超音波流量計

# FH8500

**The Outstanding Metering Solution  
for Custody Transfer Applications**

*One Step Ahead in Ultrasonic Flowmetering*



## Main Applications

- Oil Production & Allocation
- FSO, FPSO Metering
- Tanker Off-loading
- Storage Management
- Pipeline Measurement



**FAURE HERMAN**

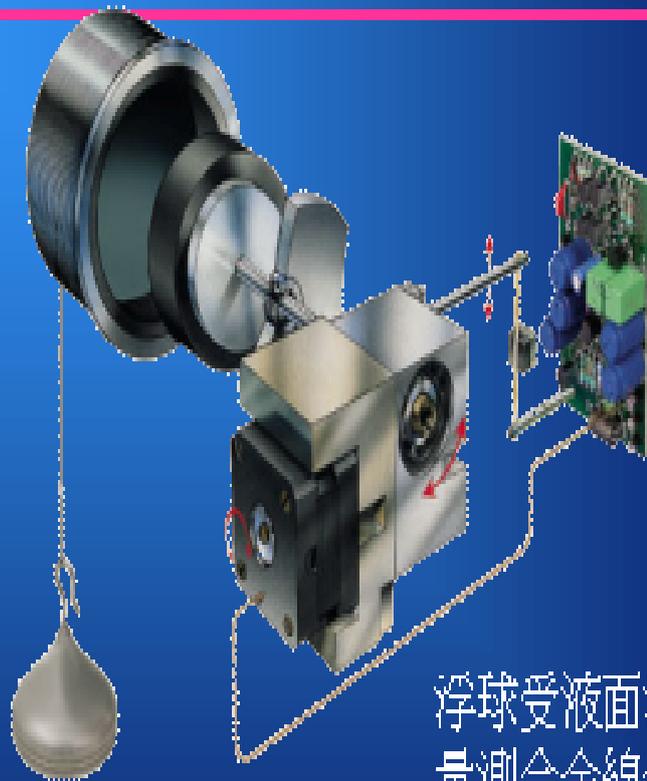
*Mastering the Flow*

[www.faureherman.com](http://www.faureherman.com)

圖十一、FAURE HERMAN FH8500 超音波流量計



## 854 伺服系列液位計量器 測量原理



浮球受液面浮力之影響，藉量測合金線傳導至液位計內部之力矩轉換器，量測浮球在不同介質(空氣和油品)中有不同之重量。

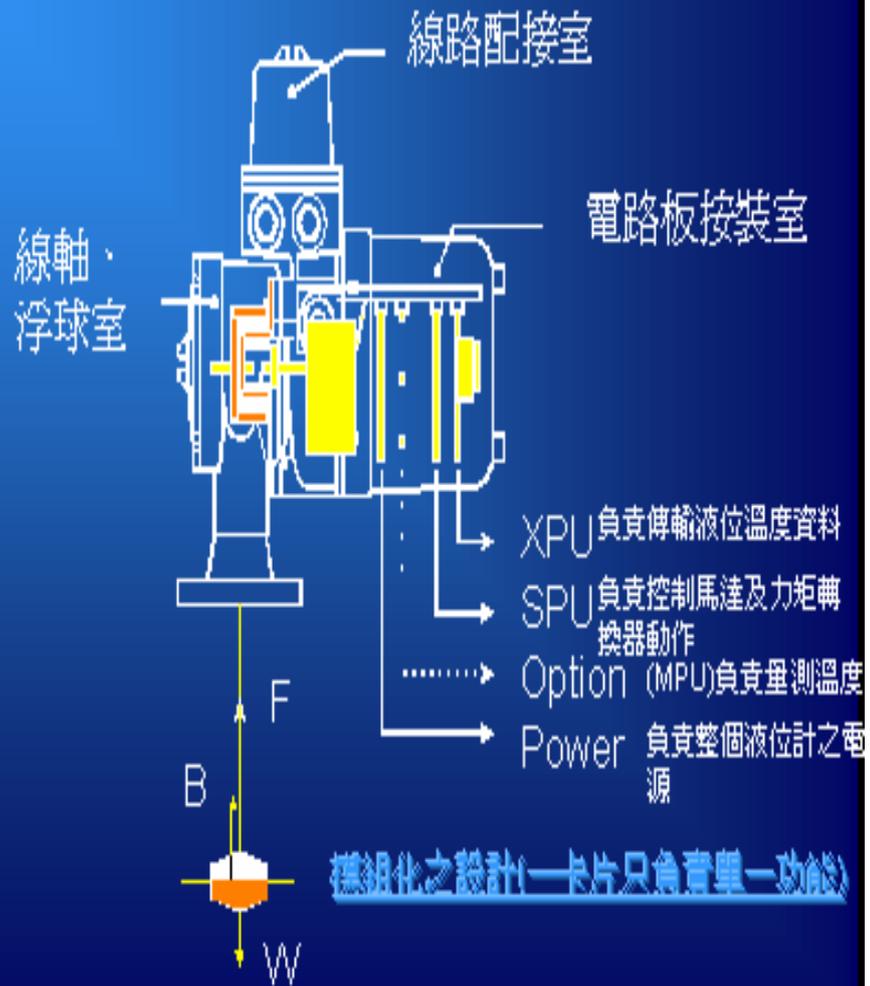


圖十二、伺服式液位計測量原理



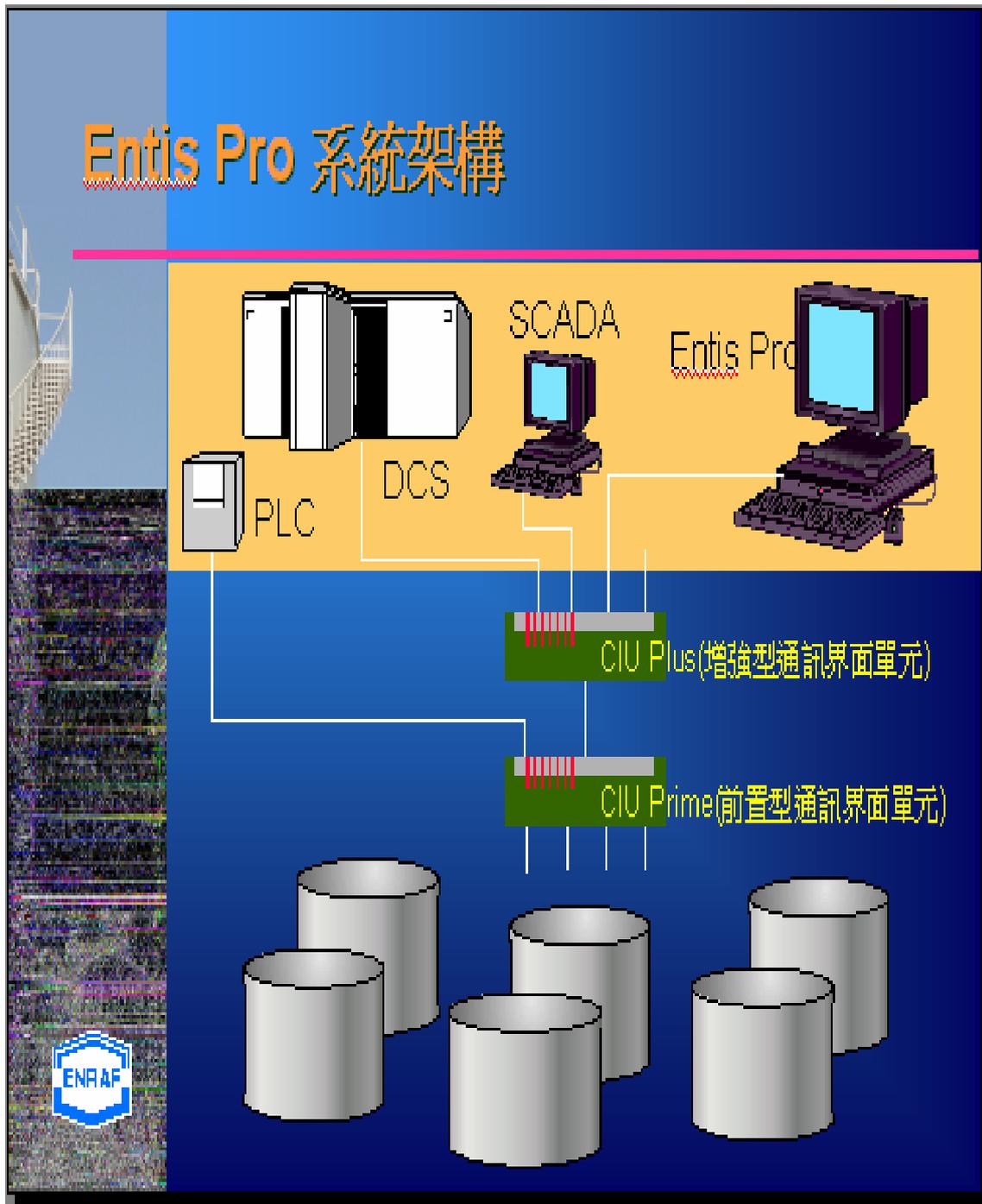
# 854 伺服系列液位計量器

## 液位計構造相關位置



圖十三、伺服式液位計構造

# Entis Pro 系統架構



圖十四、伺服式液位計通訊界面單元系統架構

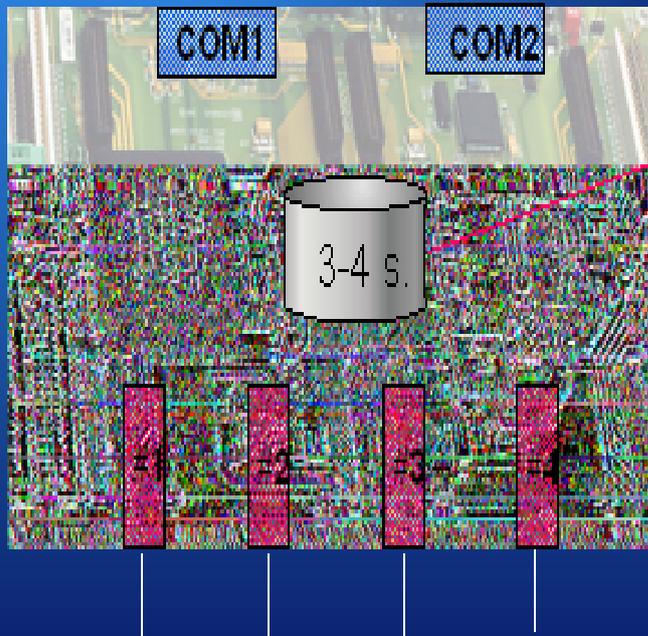


# Entis Pro系統架構

## CIU Prime 增強型通訊界面單元

CIU 規劃通訊口  
Modbus

CIU 通訊協定 or  
Modbus



可容納最多  
50 TANKS的  
基本資料



直接連接現場液位計資料傳輸高速公路

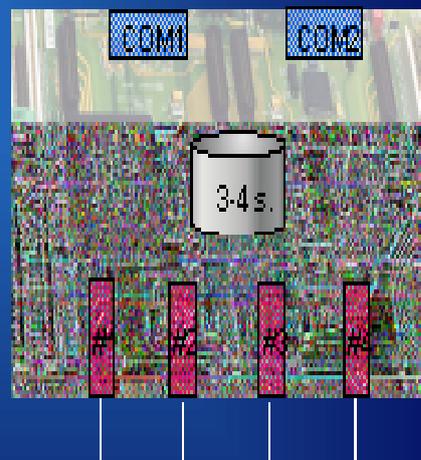
圖十五、伺服式液位計前置型通訊界面單元系統架構

# Entis Pro系統架構

## CIU Prime measured data 量測及傳輸資料

### ■ 量測及傳輸資料

- 液位計警報
- 油槽液位
- 油槽平均溫度
- 槽底水位
- 氣態溫度
- 密度 API
- 氣態壓力



- Enraf fieldbus (BPM)
- RS232C / RS485
  - 858 CIU
  - Mickey



圖十六、伺服式液位計增前置型訊界面單元量測及傳輸資料架構



# Entis Pro 系統架構

## CIU Plus Modbus interface 通訊界面連接

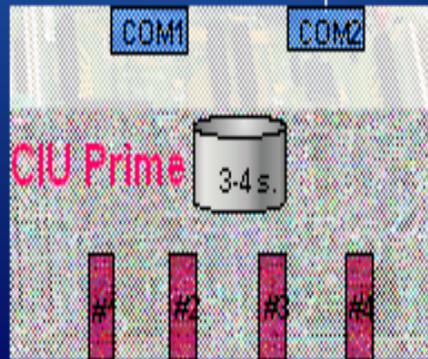
### ■ Mod bus 通訊界面

- Entis Pro
- DCS
- PLC
- SCADA
- Configuration

(4x) Modbus interface RS232C / RS485



RS232C / RS485

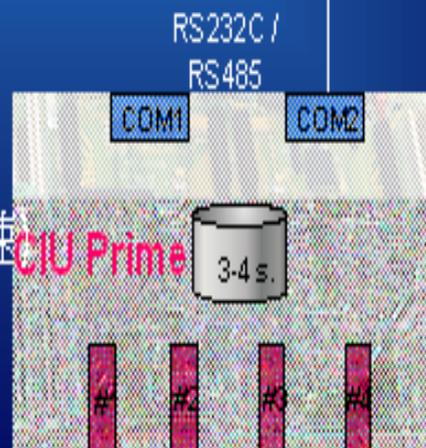
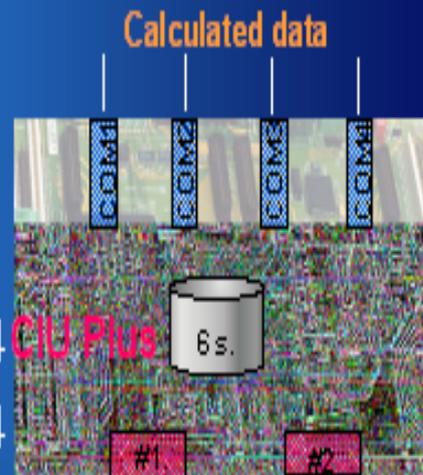


圖十七、伺服式液位計增強型通訊界面單元系統架構

# Entis Pro 系統架構

## CIU Plus calculations 內含計算之功能

- 內含計算之功能
- API / ASTM table 2
- API / ASTM table 5 & 6
- API / ASTM table 23 & 24
- API / ASTM table 53 & 54
- Gas volume
- HTG
- HIMS
- Flow rate (流速)



圖十八、伺服式液位計增強型通訊界面計算功能架構

## 四、建議

1. 本廠所使用之流量積算器 MODEL:RFT9739 系列已用 10 年以上，且原廠已不生產品，故障率也已慢慢偏高，尤其是輸油課對外計量站(廠牌:MICRO MOTION 共 70 台)與下游客戶計價的流量積算器，故本廠須預早準備完善汰舊換新(換成 3500 系列流量積算器)之計劃。
2. 可將輸油課對外計量站汰舊換新下來之堪用品，用於本廠各工場或當備品使用，因目前本廠各工場所使用之流量積算器 MODEL:RFT9739 系列大概有 150 台。
3. 應繼續使用質量流量計方式(使用重量計價)與下游客戶計價，此種計價方式才能做到質量平衡，計價誤差也會隨之降低，並與客戶較無紛爭。
4. 本廠各工場計量流量計已多改為質量流量計，除了芳二/芳三流量較大的管線(使用體積方式計量)，故應該改為用重量計量方式，才能達到質量平衡的目的。
5. 本廠各工場質量流量計輸出至 DCS 的信號有兩種 4-20MA 及 PULSE，四輕組用 PULSE 方式累積量較無問題，芳一組用 MODELBUS 方式更無問題，其它工場累積量會越差越多，故應改為使用上述方式計量。
6. 輸油課使用雷達式液位計量測的油槽，有多座因當初安裝時離槽壁較近，所量測的高度較不準確，故可考慮使用安裝伺服式液位計，所量測高度會較準確。
7. 目前伺服式液位計系統，數位傳輸資料介面軟體功能，只要有油槽真圓度的資料，輸入介面軟體就可算出每座油槽的油量，故可引進此套數位傳輸資料介面軟體。
8. 輸油課將現有 Wonderware Intouch 圖控軟/硬體升級為 Wonderware IAS 架構的選擇是對的，除為因應數位資料傳輸速度的問題及輸儲管理之效率。