



得邁斯科技
Qtech Technologies Co., Ltd.

FLUKE®
Calibration

Fluke Process Troubleshooting webinar series
製程程控校正在節能與碳排實務應用

業務工程師 吳錦明 Ming Wu

• 誠信 專注 專業整合 專業服務

了解為何製程程控校正（例如溫度、壓力、流量、電流等控制信號的校正）對節能減碳至關重要性？！

1. 精準控制製程參數，降低能源浪費

關鍵因素：訊號準確性（Accuracy）

- 若控制器接收到的溫度或壓力訊號偏差過大，會導致過度加熱或過壓運轉，造成能源浪費。
- 例如：若溫度感測器未經校正導致讀值偏低，系統會不必要地持續加熱，增加碳排。

2. 維持設備運行效率與製程一致性

- 關鍵因素：穩定性與重複性（**Stability & Repeatability**）
- 經過定期校正的程控訊號確保每批次生產條件一致，避免偏差造成再製或報廢。
- 減少廢品不僅節省原料，也減少能源與間接碳排。

3. 達成最佳化控制策略

- 關鍵因素：控制回路的響應速度與精度（Response & Resolution）
- 精準的訊號校正可協助進行PID最佳化調整，提高系統快速達穩的能力。
- 可達成「最小輸入、最大產出」的控制模式。



4. 支援能源績效指標（EnPI）管理與 碳排報告善用你的工具

- 關鍵因素：資料可追溯性與測量準確性
- ISO 50001與碳盤查要求可靠數據，校正合格的儀表可提供準確能源數據。
- 能源基準設定（Baseline）或碳盤查計算若使用未校正儀器，將造成錯誤評估。



CE

5. 確保安全與合規性，降低非計劃停機正確使用工具

- 關鍵因素：壓力與溫度保護裝置準確度
 - 校正不良會使保護設定誤差，增加能耗或風險，導致重大排放事件或生產中斷。
 - 這些非計畫性維修與重啟都會造成額外碳排放。



針對製程控制與儀器校正在節能減碳中的關聯：

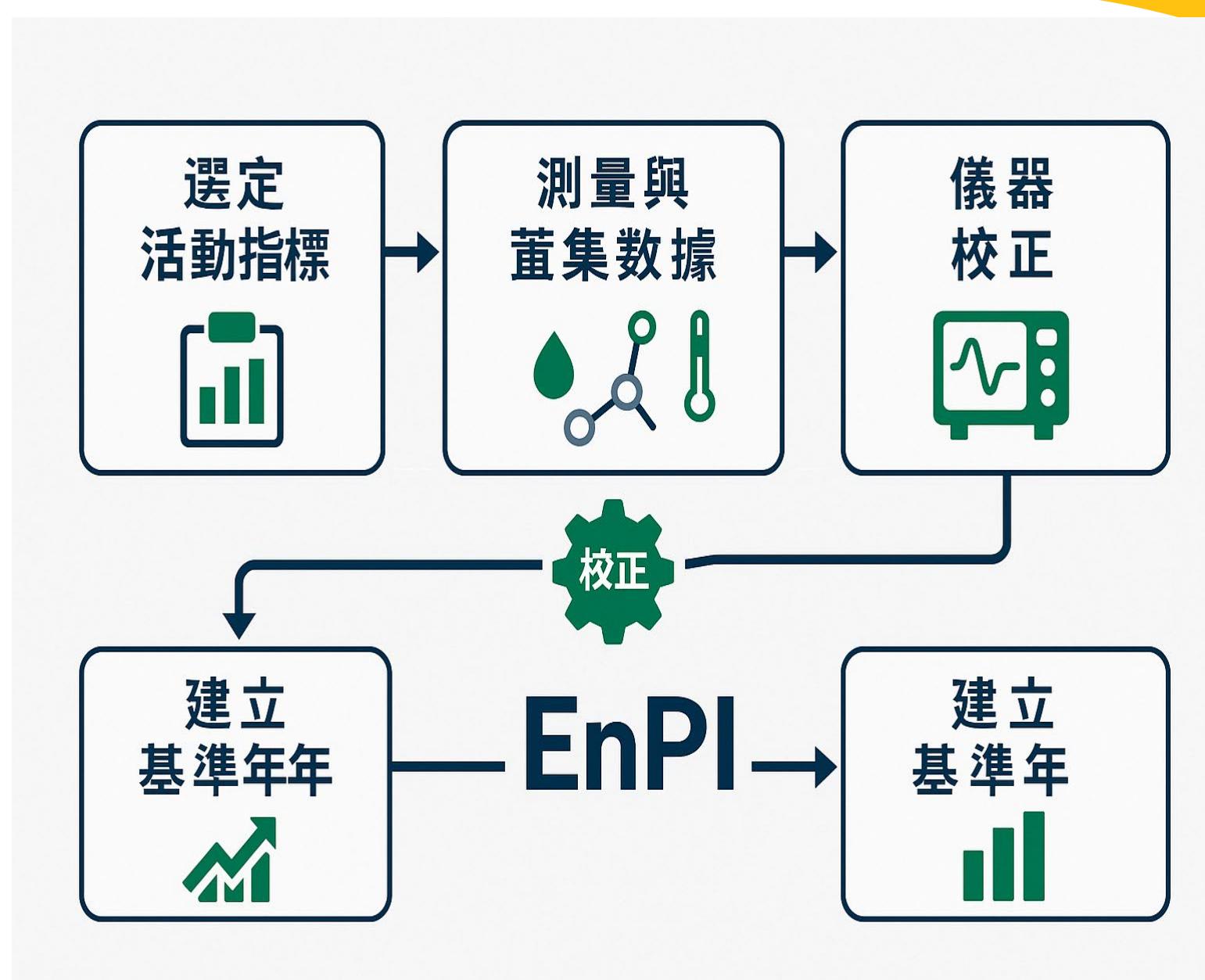
•EnPI 與校正的關鍵關聯

1. 精準測量資料 → 提高 EnPI 可信度

- 未經校正的儀表誤差可高達 5~10%，導致 EnPI 偏差與錯誤決策
- 精準度提升後，改善追蹤節能專案的成效

2. 歷史趨勢比較需依賴穩定儀表數據

- 若使用不同精度儀表或長時間未校正者，EnPI 比較失真
- 定期校正可確保資料一致性與可比較性



工業現場的壓力、溫度設備/儀錶

- 壓力傳送器
 - 將壓力值轉換成4-20mA信號
- 溫度開關
 - 具有開關量輸出的數位溫度顯示儀錶
 - 溫度錶
 - 類比或者數位式的現場指示表
- DCS/PLC系統
 - 許多控制系統會直接將溫度感測器的RTD或者TC信號接入，而不是mA信號
 - 較典型的應用是就地的溫度控制器
- 流量電腦
 - 計算液體或者氣體的密度時需要對溫度進行測量



4-20mA迴路信號-主要應用

- 傳送器
 - 輸入為溫度、壓力、流量等現場物理信號
 - 提供 4 - 20 mA 輸出
 - 可使用帶mA模擬功能的迴路測試工具替代傳送器作迴路測試
- 24 V 迴路電源
 - 測量電源電壓，必要的情況下使用迴路測試工具替代電源提供迴路供電，
- 電流/壓力轉換設備，4 - 20 mA 輸入，3 - 15 psi 輸出
 - 迴路測試工具輸出 4 - 20 mA 用于驗證設備的壓力輸出是否正確
- 控制閥
 - 用迴路測試工具輸出 4 - 20 mA，驗證閥門開度
 - 使用 mA 信號STEP輸出功能來測試閥門開合的平順度
- PLC、DCS、指示器、控制器、流量計算機和圖表紀錄器的模擬量輸入
 - 用迴路測試工具輸出 4 - 20 mA 信號作為輸入，以驗證顯示值是否正確

熱電偶感測器

- 热电偶感测器是根据塞贝克热电效应理论进行温度测量
 - 塞贝克 (Seebeck) 热电效应的定义：在两种不同导电材料构成的闭合回路中，当两个接点温度不同时，回路中产生的电势使热能转变成电能的一种现象。
- 目前，国内常见的热电偶类型包括：S、B、E、K、R、J、T等
- 典型热电偶的精度/不确定度为： $\pm 2.2^{\circ}\text{C}$
- 使用热电偶进行测温需要进行下列三个步骤：
 - 通过热电偶产生电势
 - 确定热电偶参考点（冷端）的温度
 - 通过查阅热电偶的分度表中电压与温度的关系，来确定被测点的温度
- 电势与冷端的温度有关



熱電偶分度表，以K型熱電偶為例

若測得電壓差為3.177mV，同時測得冷端的溫度為23°C，查分度表得到K型熱偶23°C對應的電壓值為0.919mV，利用**被測點電勢-冷端電勢=測得電壓差**這一關係，得出被測點電壓為4.096mV，再用4.096mV查表反推出100°C。

最終，確定被測點的溫度為100°C。



-20	-0.778	-0.0816	-0.854	-0.892	-0.930	-0.968	-1.006	-1.043	-1.081	-1.119	-1.156	-20
-10	-0.392	-0.431	-0.470	-0.508	-0.547	-0.586	-0.624	-0.663	-0.701	-0.739	-0.778	-10
0	0.000	-0.039	-0.079	-0.118	-0.157	-0.197	-0.236	-0.275	-0.314	-0.353	-0.392	0
°C	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	°C
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
0	0.000	0.039	0.079	0.119	0.158	0.196	0.238	0.277	0.317	0.357	0.397	0
10	0.397	0.437	0.477	0.517	0.557	0.597	0.637	0.677	0.718	0.758	0.798	10
20	0.796	0.838	0.879	0.919	0.960	1.000	1.041	1.081	1.122	1.163	1.203	20
30	1.203	1.244	1.285	1.326	1.366	1.407	1.448	1.489	1.530	1.571	1.612	30
40	1.612	1.653	1.694	1.735	1.776	1.817	1.858	1.899	1.941	1.982	2.023	40
50	2.023	2.064	2.106	2.147	2.188	2.230	2.271	2.312	2.354	2.395	2.436	50
60	2.436	2.478	2.519	2.561	2.602	2.644	2.685	2.727	2.768	2.810	2.851	60
70	2.851	2.893	2.934	2.976	3.017	3.059	3.100	3.142	3.184	3.225	3.267	70
80	3.267	3.308	3.350	3.391	3.433	3.474	3.516	3.557	3.599	3.640	3.682	80
90	3.682	3.723	3.765	3.806	3.848	3.889	3.931	3.972	4.013	4.055	4.096	90
100	4.096	4.136	4.179	4.220	4.262	4.303	4.344	4.385	4.427	4.468	4.509	100
110	4.509	4.550	4.591	4.633	4.674	4.715	4.756	4.797	4.838	4.879	4.920	110

RTD 查表, 以Pt100-385為例

- 精確RTD測量, 需要:
 - 精確的恒流源 (外部激勵電流)
 - 精確的電壓測量
 - 通過RTD 分度表來進行電阻和溫度的轉換

PT100-385 分度表

°C	Ohm	Diff.
± 0	100.00	0.39
+ 1	100.39	0.39
2	100.78	0.39
3	101.17	0.39
4	101.56	0.39
5	101.95	0.39
6	102.34	0.39
7	102.73	0.39
8	103.12	0.39
9	103.51	0.39

°C	Ohm	Diff.
10	103.90	0.39
11	104.29	0.39
12	104.68	0.39
13	105.07	0.39
14	105.46	0.39
15	105.85	0.39
16	106.24	0.39
17	106.63	0.39
18	107.02	0.39
19	107.40	0.38

°C	Ohm	Diff.
20	107.79	0.39
21	108.18	0.39
22	108.57	0.39
23	108.96	0.39
24	109.35	0.39
25	109.73	0.39
26	110.12	0.39
27	110.51	0.39
28	110.90	0.39
29	111.28	0.38

°C	Ohm	Diff.
30	111.67	0.39
31	112.06	0.39
32	112.45	0.39
33	112.83	0.38
34	113.22	0.39
35	113.61	0.39
36	113.99	0.38
37	114.38	0.39
38	114.77	0.39
39	115.15	0.38
40	115.54	0.39

典型應用-壓力傳送器

測量值 PV:

本例中的PV值或者主過程變量是壓力傳送器所測量的過程流體的壓力。

壓力變送器

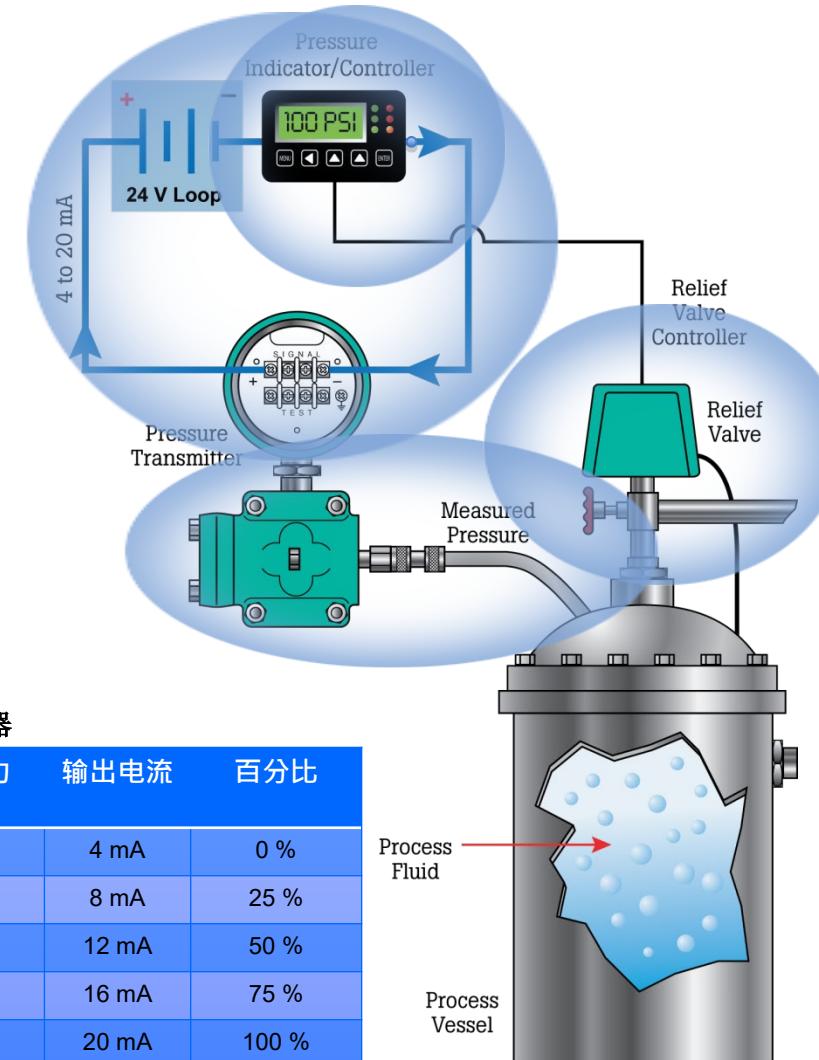
感知現場的壓力並將其轉換成 4 - 20 mA 電流信號。本例中壓力傳送器的量程範圍是 0 psi 到 100 psi。壓力測量值和毫安信號的對應顯示在本圖例的下方。

指示器/控制器:

本例中，壓力指示器/控制器經過編程，將 4 mA 解讀成 0 psi 並將 20 mA 解讀成 100 psi。

氣壓控制閥:

現場執行機構。本例中如果檢測到的壓力過高，控制器會指示調節閥打開為鍋爐洩壓。



壓力變送器

輸入壓力	輸出電流	百分比
0 psi	4 mA	0 %
25 psi	8 mA	25 %
50 psi	12 mA	50 %
75 psi	16 mA	75 %
100 psi	20 mA	100 %

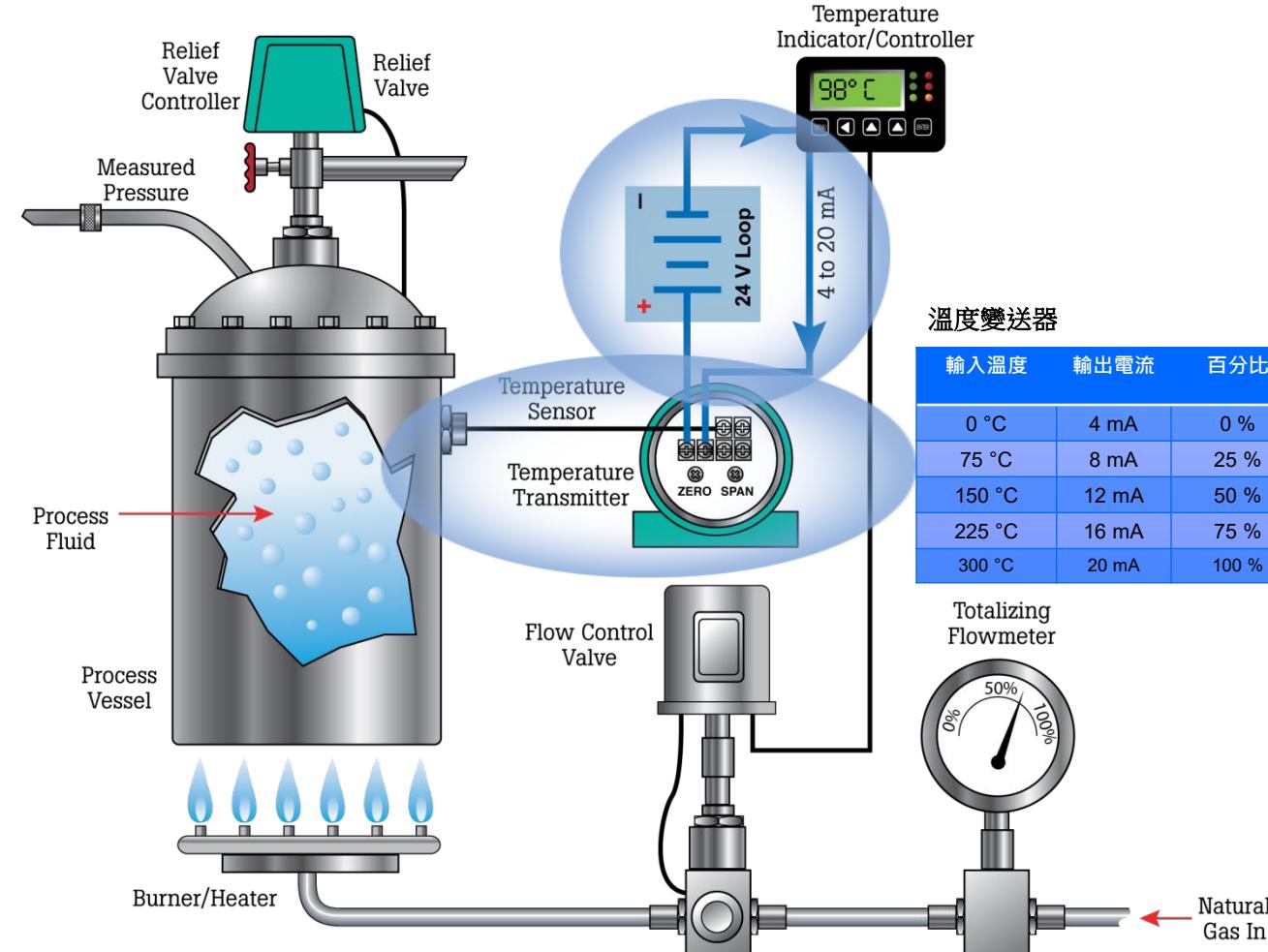
溫度傳送器將測量到溫度值轉換成 4 - 20 mA 電流信號

檢測值 PV:

本例中的PV值或者主過程變數是溫度傳送器所測量的過程流體的溫度。

溫度傳送器

通常情況下溫度傳送器通過熱電偶或者是熱電阻來感知現場的溫度並且將它們轉換成4-20mA的電流信號。在本例中溫度變送器的量程範圍是0 °C到300 °C。測量值和毫安培信號的對應顯示在本圖例的右邊。



現場4 - 20 mA回路上會產生哪些故障？

接線問題：

終端電阻不匹配、絕緣老化、腐蝕以及污染都會影響4 - 20 mA電流回路的運行。

24V回路電源：

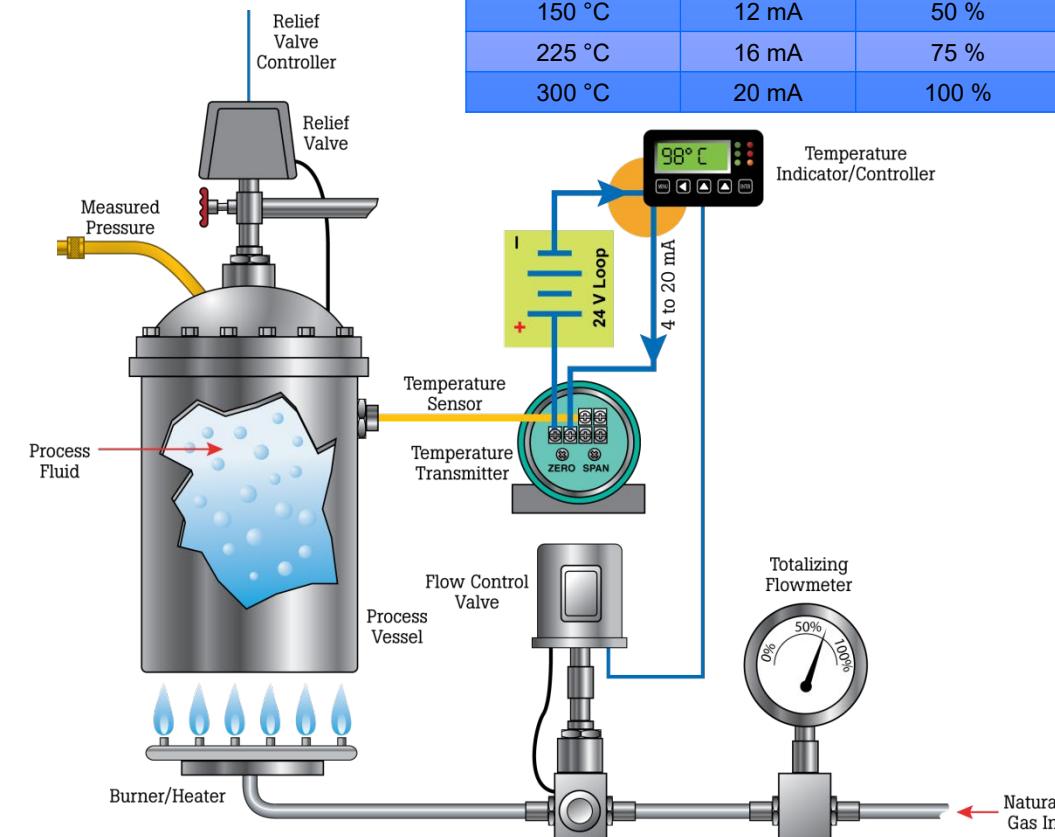
噪音，損壞或者超載的電源會引發4-20毫安培電流回路的波動和故障。

控制器I/O通道故障：

如果輸入控制器的毫安培信號是正確的，但是控制器沒有正確地解讀mA信號，將導致對於工藝過程的錯誤控制。

溫度變送器

輸入溫度	輸出電流	百分比
0 °C	4 mA	0 %
75 °C	8 mA	25 %
150 °C	12 mA	50 %
225 °C	16 mA	75 %
300 °C	20 mA	100 %



典型應用-測試控制閥

- 用于流体控制的現場執行
- 輸入是4 - 20 mA 或者3 - 15 psi
- 常開或者常關
 - 常關閥門在掉電時無法正常閉合
 - 常開閥門在掉電時無法正常打開
- 提供 4 - 20 mA 電流信號並且參照下表來檢驗閥門是否工作正常



常關

壓力輸入	電流輸出	百分比
3 psi	4 mA	0 %
6 psi	8 mA	25 %
9 psi	12 mA	50 %
12 psi	16 mA	75 %
15 psi	20 mA	100 %

關閉

打開

常開

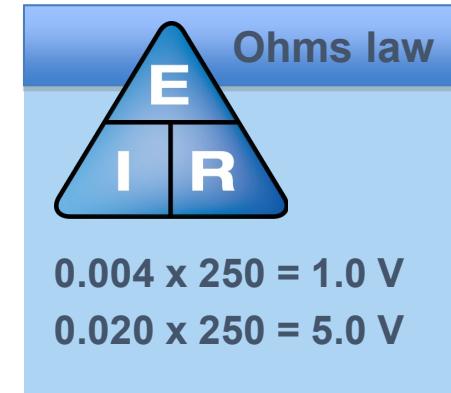
壓力輸入	電流輸出	百分比
3 psi	4 mA	0 %
6 psi	8 mA	25 %
9 psi	12 mA	50 %
12 psi	16 mA	75 %
15 psi	20 mA	100 %

打開

關閉

典型應用-輸出電壓信號

- 很多PLC/DCS控制系统的輸入是電壓信號
- 其中，以1- 5 V最为常見，4 - 20 mA電流經過250歐姆的輸入電阻之后能提供1 - 5 V輸入電壓
- 一些低功率傳送器可直接輸出1 - 5 V电压
- 许多老的圖表紀錄器和HVAC系統也有1 - 5 V和0 - 10 V的I/O



指示仪 / 控制器
DCS / PLC / 记录仪

程控mA校正器比較容易混淆的問題

① **mA Source / 毫安培輸出（帶電）與 mA Simulate / 毫安培模擬（無帶電）的區別：**

迴路校驗中必須有一個工作電源來提供24V，或者由DCS等系統來提供，或者由相關的校驗標準儀錶來提供；

因此，校驗標準儀器中所謂的**帶電輸出或無帶電輸出**只是站在儀器的角度來看問題，即：

$$\text{mA Source / 毫安培輸出（帶電）} = \text{mA} + 24V$$

迴路校驗所使用的標準儀器（信號源或信號發生器）在輸出毫安培mA信號的同時提供24V電源供電；此時**24V電源**

位於儀器內部。

有源輸出模式由於要提供電源，因此相對來說儀器的耗電量較大。

$$\text{mA Simulate / 毫安培模擬（無帶電）} = \text{僅 mA}$$

迴路校驗所使用的標準儀器（信號源或信號發生器）僅輸出毫安培mA信號。無源輸出模式較省電。

FLUKE 壓力系列



730 Series 730PTP,730HTP
高壓氣體液體壓力泵

- ***壓力範圍: 730PTP/10M**
Pressure range -95 kPa to 10 MPa
- *不需氮氣瓶或其他外部壓力源
可為傳送器數位和類比壓力錶
提供壓力
- *採用快速 $\frac{1}{4}$ NPT內螺紋接頭
能簡單快速安裝標準表
- *可搭配FLK-730GLSF or FLK-730 ILF Liquid filters

FLUKE 730G 壓力表系列



730G Series
智能數位壓力表壓力

特點:

壓力範圍: $\pm 10 \text{ inH}_2\text{O}/2.5\text{kPa} - 10000 \text{ psi}/69\text{Mpa}$

4個絕對壓力量程15PSIA（103kPa），
30PSIA（207kPa），100PSIA
(690kPa)，300PSIA (2Mpa)

壓力測量精度0.05% 滿量程，可選精度
0.02% 滿量程

電流測量範圍：0-24mA；電壓測量範圍：
0-30VDC

0.01% 電流和電壓測量精度

具有Hart 通讯功能，支持Hart7 版本

24V 巡路供电，無需外接電源

鋰電池使用使用：可25小時連續使用（不
提供 24V 供電）或者8小时連續使用（提
供24V 供电）

可儲存128 筆校驗數據

IP 防護等級：IP54

FLUKE 729Pro 主要規格參數

FLUKE®

Calibration

主要參數

	729Pro 7M	729Pro 4M
主要參數		
壓力控制範圍	(-14~1000) psi (-95~7000) kPa (-0.95~70) bar	(-14~600) psi (-95~4000) kPa (-0.95~40) bar
壓力類型	表壓/絕壓（依照控壓模組類型）	
控制穩定性	最低為滿量程的0.005%	
內置可更換控壓模組	是，6個	是，4個
外接壓力測量模組	是，48個	
mA 輸出/測量	有	
電壓測量	有	
回路供電	24 V dc	
一鍵校驗	通過任務範本編輯，實現同類型目標可複製的智慧校驗	
壓力開關測試	有	
壓力洩露測試	有	
HART	有	
自動步進/爬坡	有（可自訂速度、模式及樣式等）	
記錄功能	有	
適配軟體	730PCSW無紙化校驗及資產管理軟體	
一鍵泄壓	有（消音器）	
電池	帶電量顯示的可充電鋰電池（隨主機或單獨充電）	
語言	簡體中文/英文	

感謝您購買我司代理之FLUKE儀器
為加強售後服務並保障您購買之權益

請掃描QR CODE

登錄填寫完整資訊

獲得原廠完整保固



得邁斯科技
Qtech Technologies Co., Ltd.

感謝您的熱情參與

- 服務專線:
- 台北: 02-22797858
- 高雄: 07-3411717
- service@qtechasia.com
- www.qtech-instrument.com.tw

