

流量計 的正確使用方法

日本電器計測器工業會編 ● 鄭振東／譯

詹崇弦／校訂



中國生產力中心

流量計 的正確使用方法

生產力叢書

流量計的正確使用方法

發行人 萬以寧
作者 日本電器計測器工業會編
譯者 鄭振東
校訂 詹崇弦
主編 李振昌
出版者 中國生產力中心
地址 臺北市敦化北路 340 號 2 樓
電話 7137731
郵政劃撥 0012734-1 號
印刷 立辰美術印刷有限公司
地址 臺北市哈密街 45 巷 1 弄 21 號
初版 中華民國 81 年 1 月
登記證 局版臺業字 3615 號
定價 300 元

如有缺頁、破損、例裝，請寄回調換

鄭振東

長春大學機械系畢業

任教職多年

現專譯述科技圖書

詹崇弦

台北工專電子工程科畢業

曾任職台塑集團

現職：

台灣橫河股份有限公司

系統營業課長

序

純就流量的量測而言，常易招致曲解，誤認只要備有流量計，一切問題皆可迎刃而解，實則不然，僅就流量計的類別而言，即屬洋洋灑灑極其浩繁、除長久以來衆所熟知的節流流量計外，尚包括近來應用科里奧力（Coriolis force）之艱澀理論的質量流量計，其構造與理論涉及層次之廣，難以一一罄舉。其原因乃由於不僅需要 $\pm 0.2\%$ 範圍內之高精度、且須能在 -200°C 狀態下對液態氧與氮，在 $+500^{\circ}\text{C}$ 狀態下之高壓液體、以及由超過 $+3000\text{kgf}/\text{cm}^2$ 之超高壓流體起至 20 Torr 之真空狀態下所需量測之用流量計，莫不由於用途的不同，其構造與原理亦須隨之改變，否則就當前的現有設備，實難一一因應，無法充分的滿足不同規格的多元需求。不久的將來，或將能由某一超級博士發明出符合所有需求之規格的萬能流量計，毋須再行煞費斟酌。惟此一時代，尚未來臨前，仍然不得不針對目的與用途，自各種不同類型之流量計中，適當選用方可。

是以，本書一本使用者的立場，如何配合使用目的，妥善運用流量計，由選用起至管理與維修止凡屬相關之重要事項，存菁去蕪，將視為佳構者，摘要納入本書內容中。

本書秉持與姊妹篇：『差壓傳送器之正確用法』相同的編纂宗旨，彙編成冊，予以付梓。本書特就多種原理不同之流量計

2 / 流量計的正確使用方法

中，應用最爲廣泛者，例如電磁流量計、超音波流量計、渦流流量計、容積式流量以及渦輪流量計爲主，並就其原理、構造、選定及使用應行注意事項，予以歸納整理，做綜合性的說明。

藉本書之助，讀者能對流量計之適當用法有所熟稔，進而發揮流量計之特點於最大限，得以提昇國內之工業量測層次，則筆者深感與有榮焉。

推薦辭

流體量測中之流量的量測，與溫度及壓力相同，均屬於使用次數最多的量測作業；而流量與溫度及壓力不同之處，在於其隨時具有變化，確切執行量測十分不易。不僅密度、黏度、溫度以及壓力等之流體特質，均對精準度具有不良影響；且其使用範圍受限於測定原理之處者甚多符合需求，以竟事功。因此，如何正確使用流量計，乃係工業儀器量測中能否獲得精確數據的重要關鍵。

本書中所介紹之流量計，計有電磁、超音波、渦流、容積以及渦輪等五種不同型類的。此類流量計，皆已廣泛供作工業量測儀器使用，是以特與前已出版「差壓傳送器之正確用法」一書中之差壓流量器配合，針對工業量測儀器之所有流量計，一併進行解說。

本書內容，除包含流量計之量測概論外，尚針對各式流量計之原理、構造、類別、選用方法、設置、運轉以及保養性等有關事項，力求配合圖例、以簡明扼要語句，深入淺出方式，加以闡述。為便閱讀，尚備有相關用語對照表，以供參考。既可助於技術界新進，針對如何因應流量測定條件，正確運用流量計有所瞭解；又可有助於技術業界老手，對各式流量計之基本知識加以歸納與整理、實乃符合技術者需求之多元效益的實務參考用書。

2 / 流量計的正確使用方法

殷切期盼日本電氣儀器工業會，今後，仍本出版「正確用法」系列書刊的宗旨，更上層樓，並特向從事流量計開發、製造、以及儀器設備之設計，保養維修相關之技術工作人員，鄭重推薦本書。

目 次

序文 推薦辭

第1章 概要	1
1.1 流量量測	1
流量量測的意義、目的 / 流量的定義 / 流量的性質（層流與擾流 / 雷諾（Reynold's）數 / 黏度及動黏度 / 密度） / 流量的補正	
1.2 流量計的分類	12
依據測定流體間與能量之間關係分類 / 依據檢出部位之構造分類 / 依據測定流體的類別分類 / 依據量測之質量類別分類 / 依據測定通道分類 / 依據測定原理分類。	
1.3 流量計的選擇方法	25
選擇時的注意事項 / 依據測定流體的選用方法 / 依據規格及性能的選用方法 / 依據經濟效益的選用方法	
1.4 流量計的使用方法	31
設置（流量計系統 / 設置條件 / 設置工程） / 保養維修與檢驗	
1.5 流量計的精度與校正	41
流量計之精度的顯示（精度 / 儀表誤差 / 各式流量計術語	

的用法) 流量計的校正 (液體流量計之校正方法與設備 / 氣體用流量計之校正方法與設備 / 乾式校正)

1.6 與流量計有關的法規與規格	50
相關法規 / 相關規格及標準	

第2章 電磁流量計	55
------------------	----

2.1 原理	55
原理 / 特性 / 結構	

2.2 分類	58
依據變換器及檢出器之結構分類 (分離形 / 一體形) / 依據檢出器安裝結構分類 (法蘭連接式 / 法蘭夾入式) / 依據用途分類 (一般形 / 衛生形 / 防爆形 / 水中潛藏形 / 埋設形 / 特殊形)	

2.3 選定	63
與流體測定有關之注意事項 (導電率數 / 懸浮雜物 / 附著及沈澱) / 口徑及最大刻度之選用方法 / 結構的選用 / 接液部位材質的選用 (內襯材質 / 電極及接液環之材質 / 其他)	

2.4 設置及運轉	72
設置 (配管設計 / 檢出器的安裝 / 變換器的安裝 / 配線 / 運轉 (運轉前檢查 / 運轉準備 / 運轉及停止))	

2.5 保養及維修	85
檢查設備 (以外觀及目視檢查 / 歸零檢驗 / 變換器的檢正 / 檢出器的檢驗) / 變換器的校正 / 故障檢修 / 不正常狀態的範例	

第3章 超音波流量計	87
3.1 原理	89
利用傳播速差法的流速測度 / 利用都卜勒法測定流速 / 由 流速轉換為流量 / 超音波流量計的特徵	
3.2 分類	97
超音波流量計的基本結構 / 依據測定原理分類 / 依據檢出 器安裝結構分類 / 超音波流量計的應用範例	
3.3 選定	101
機種的選定 (測定目的 / 測定原理及方式) / 依據測定流 體選定 (傳播速差法 / 都卜勒方法) / 依據管路選用 (管 徑 / 管路及其內襯的材質 / 檢出器安裝方式 / 管路的直管 長度)	
3.4 設置及運轉	109
設置 (設置場所的選定 / 檢出器的安裝 / 變換器的設 置 / 配線) / 運轉 (運轉前之檢查 / 運轉前之準備事 項 / 運轉及停止 / 停止狀態時保管上應行注意之事項 / 製 程運轉模式變更時的注意事項 / 與測定流體有關的注意事 項) / 乾式校正 (檢出器彼此間安裝尺寸的計算 / 變換器 之理論運算式 / 傳播時差法之變換器的校正 / 頻差法中之 變換器校正)	
3.5 保養及維修	123
檢查的整備 (變換器的檢查 / 檢出器的檢查 / 電纜連接箱 的檢查 / 訊號線的檢查) / 故障檢修	
第4章 渦流流量計	129

4.1	原理	130
	原理 / 構造 / 特性 / 特徵	
4.2	分類	137
	依據原理構造及分類 / 依據用途分類 / 依據檢出器與配管的連接分類 / 標準規格	
4.3	測定	141
	與測定流體有關的注意事項 / 口徑之選定與確認之方法（依據雷諾數範圍選定 / 壓力損失的檢查 / 氣蝕的檢查）	
4.4	安裝及運轉	150
	設置場所 / 管路佈設 / 電氣連接 / 運轉前的準備 / 運轉時之注意事項 / K 係數的補償	
4.5	保養及維修	159
	保養及檢查 / 故障檢修	
第 5 章	容積式流量計	161
5.1	原理	162
	原理 / 轉子式（橢圓齒輪式）流量計之動作說明 / 容積式流量計的一般特性	
5.2	類別及其用途範例	166
	齒輪或葉狀轉子式 / 旋轉活塞式 / 旋轉葉片 / 往復移動活塞式 / 圓盤式 / 濕式瓦斯錶 / 膜門式瓦斯表	
5.3	選用	170
	轉子式流量計的構造 / 選定	
5.4	安裝及運轉	188

設置及管路配置要領（一般注意事項 / 特殊狀態時使用上 注意事項 / 電氣儀表（傳訊器）安裝上注意事項） / 運轉 前的準備 / 運轉上的注意	
5.5 保養及維修	200
保養維修及檢查（停用時的處理要領 / 檢查及注油）	
第 6 章 渦輪式流量計	203
76.1 原理	205
構造 / 特性	
6.2 分類	213
一般之液體用的渦輪式流量計 / 低溫、高溫液體的量 測 / 食品及化粧品之量測 / 高黏度式渦輪流量計 / 耐 酸式渦輪流量計 / 超高壓式渦輪流量計 / 氣體用機械 式渦輪流量計 / 插入式渦輪流量計	
6.3 選用	223
標準規格 / 流量 / 黏度 / 溫度 / 材質 / 溫度與器材誤差間 之關係 / 壓力與器材誤差間之關係	
6.4 設置及運轉	229
配管設計 / 配線 / 裝設及運轉前的準備 / 運轉	
6.5 保養及維修	240
定期檢查 / 故障檢修 / 運作異常之原因及其因應措施	
第 7 章 參考資料	249
7.1 用語之解說	249
7.2 參考文獻與規格	276
規格 / 參考文獻	

7.3 技術資料 281

單位換算（體積 / 流量 / 力及重量 / 壓力 / 黏度 / 動黏度 / 物性質（蒸汽表 / 氣體的密度 / 氣體的粘度 / 液體的粘度 / 液體的體膨脹係數 / 壓縮係數 / 音響特性） / 流量量測（流量、管徑及流速間的關係） / 材料（管路材料 / 管路尺寸 / 法蘭 **Flange**）尺寸 / 外箱構造 / 其他（防爆資料（1979年版）

第 1 章 概要

1.1 流量的量測

1.1.1 流量量測的意義及目的

流量的量測不僅與溫度、壓力等量測同為量測作業上一項重要的測定量，且與日常生活，有直接、間接密不可分的關係，是缺一不可的量測項目。因此，流量計的適用範圍不僅涵蓋由工業至農業，範圍十分廣闊的領域；甚至遍及食品、醫療、航空、太空等領域中亦為不可或缺之必要量測器。

然而就流體移動量之測定而言，實較其他作業量之測定困難甚多（其理由在於若不針對測定或配合測定流體的種類及形狀、流動的狀態而使用適當的流量計，則將無法正確完成流量量測，並且流量亦會隨同製程之變化而有變動。）故欲達成使用目的及獲得正確流量值，尚須各種不同的必要補正措施。例如，考慮到測定流體之類別時，則有氣體、水、蒸氣、油等的不同；又有低溫低壓或高溫高壓的量測，微小流量或大流量的量測；而且測定流量的場地寒冷及高溫地之分，又有危險氣體等各種不同環境之特定條件上的差異。因此要針對流量量測的目的地採用適當的流量計，才能與量測目的正確配合，以執行既安全又經濟的流量測定方式。

2 / 流量計的正確使用方法

就流量量測的意義來探討，則須探討其在各種不同產業領域中，為達成何種目的而使用。以日常生活周邊事務為例：如每一家庭中的自來水或瓦斯等使用量的量測，加油站燃料油的量測等；應用於工業領域中，有石油產業中的原油及天然氣等的量測，各種製造工業中原料供給量的量測等各式各樣不同的領域；諸如此類純屬於「流體之移動量的量測」。若深入探討，尚可進一步了解，純就正確量測流量而言，除經濟層面外，尚與各種不同社會活動密切相關。例如：製造工業中之原料的正確量測，除可保證所生產之產品品質外，最後的結果尚能對用戶提供既安全又穩定的產品，可藉以達到生活舒適的目的。又量測廢氣中污染大氣物質，或在上下水道之處理程序中，流量量測亦是不可或缺的測定要件；即使稱為擔負防止空氣、河川的污染，以及提供安全穩定之飲用水的社會責任亦非言過其實。因此量測中不僅量測流量即可，對於流量計在何種目的下使用，亦須有充分的認知。

1.1.2 流量的定義

探討流量流動過程中任何截面時，流過該截面之流體的體積、或質量對時間之比值，與其截面之比即稱為流量。前者稱之為「體積流量」，後者稱之為「質量流量」。

當流體的速度遍及全部截面，均為相同狀態時，令流速為(u)、截面積為(A)，則截面內所流動的體積流量(Q)可以下式表示：

$$Q = u \cdot A \quad \cdots(1.1.1)$$

若遍及全部截面的流速並非均勻，就其微小截面積(dA)探討時，則此截面內所流動的體積流量(dQ)可以下式表示：

$$dQ = u \cdot dA \quad \cdots(1.1.2)$$

因此，體積流量(Q)就截面積(A)執行公式(1.1.2)積分時，即可得下式：

$$Q = \int_A u \cdot dA \quad \cdots(1.1.3)$$

又公式(1.1.3)利用平均流速($\bar{u}$)時，又可以下式表示：

$$Q = \bar{u} \cdot A \quad \cdots(1.1.4)$$

此外，利用體積流量與流動流體之密度的體積表示質量流量(G)，故流動流體的密度為(ρ)時，則為公式(1.1.5)所示狀態。

$$G = \rho \cdot Q \quad \cdots(1.1.5)$$

測定流量的流量計，一般可稱之為量測器測定體積流量的流量計稱之為體積流量計，測定質量流量的流量計稱之為質量流量計。〔註：(IEC International Electrotechnical commission)國際電子技術委員會 / (TC=Technical Circular)技術通報內容中「工業加工及量測控制術語及其定義」〕。IEC所釐訂的流量測定的定義為『流量計係流量量測的測定設備可執行瞬時流量或定時距狀態下之積算值，或兩者任一的指示。』以量測一定時間內所流動的流量，以及通過之總流量為目的者，則有積算流量計。

時間(t)內所流動之流量的通過體積為(V)，通過質量為(M)時，則可分別以下式表示：

$$V = \int_t Q \cdot dt \quad \cdots(1.1.6)$$

$$M = \int_t G \cdot dt \quad \cdots(1.1.7)$$

上式中，若流量在時間(t)的時間內並無變化時，則公式(1.1.6)

(1.1.7)兩者即成為：

$$V = Q \cdot t \quad \cdots(1.1.8)$$