



應用奈米科技股份有限公司
APPLIED NANO TECHNOLOGY SCIENCE, INC.

接觸角分析儀 (VCA)

技術說明 1

本技術說明介紹了靜態和動態接觸角的概念。
將介紹接觸角的測量方法。

發行版本 : V1.00

版權所有 © 2021 All Rights Reserved.



TRUTH

GOODNESS

BEAUTY

1. 接觸角的概念

接觸角 (Contact angle, θ_Y) 是一種公認的定量指標，用於衡量固體對液體的浸潤程度 (The level of wetting of a solid by a liquid)。圖 1 (a) 示意性地示出了表面上的液滴的幾何形狀 (The geometry of a droplet)，其中接觸角被定義為由液滴在液體 (Liquid)，氣體 (Gas) 和固體 (Solid) 相交的三相邊界處 (Three-phase boundary) 形成的角度。

楊氏方程 (Young equation) 經常被用來精確地描述在三相接觸的平衡 (The equilibrium at the three-phase contact)，如：

$$\gamma_{SV} = \gamma_{SL} + \gamma_{LV} \cos(\theta_Y)$$

界面張力 (The interfacial tensions) γ_{SV} ， γ_{SL} 和 γ_{LV} ，形成的浸潤 (Wetting) 通常被稱為楊氏接觸角上的平衡接觸角 θ_Y (Young contact angle)。

在中還示出圖 1 (b)，低接觸角 (Low-contact angle) 隱含了待測固體表面上的液體易於散開。另一方面，高接觸角 (High-contact angle) 顯示此表面上的液體不易於的擴展。

大致上而言，小於 90° 的接觸角，通常稱為親水性表面 (Hydrophilic surface)。親水性的極端情況是零接觸角，這表示表面已完全潤濕。這與疏水表面 (大於 90° 的接觸角) 相反，該表面被稱為測試液體的非潤濕 (疏水) 表面 (Hydrophobic surface)。

2. 靜態和動態接觸角

接觸角的測量可分為靜態 (Static) 和 動態 (Dynamic) 接觸角。當液滴穩定地停留在表面上且三相邊界保持靜態時，測量值為靜態接觸角 (Static contact angle)。靜態接觸角測量通常在質量控制，研究和產品開發中實際使用[1]。從噴墨印刷，高級紡織，生物醫學傳感到基因傳遞等行業中的應用。

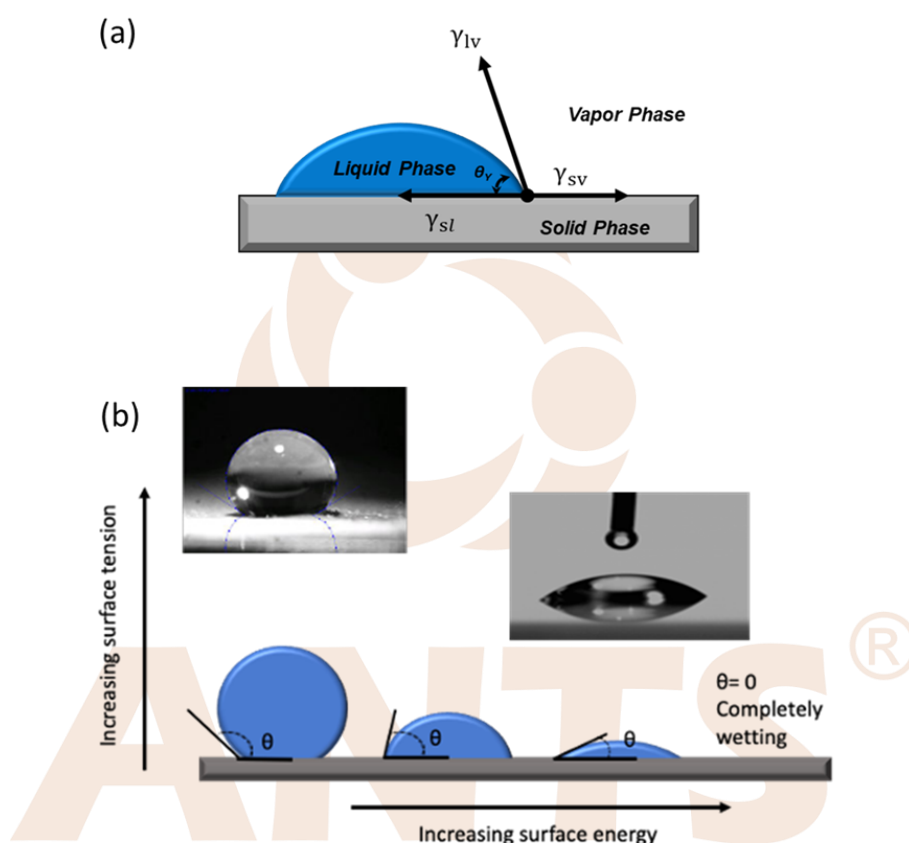


圖 1：示意性地說明了接觸角的概念。(a) 液滴在表面上的幾何形狀，其中接觸角定義為液滴在三相邊界處形成的角度。(b) 表面能與接觸角之間的關係。對於 $<90^\circ$ 的接觸角，該表面稱為親水表面。如果接觸角 $>90^\circ$ ，則稱為非潤濕（疏水）表面。

與靜態接觸角測量相反，動態接觸角(Dynamic contact angle) 測量三相邊界移動時的接觸角。動態接觸角測量的詳細方法將在以下各節中介紹。動態接觸角可分為前進角和後退角。前進和後退接觸角之間的差異是指動態接觸角滯後 (Dynamic contact angle hysteresis)，這可能是由於以下因素引起的：(1) 表面的化學和形貌



異質性 (Chemical and topographical heterogeneity of the surface) ; (2) 溶液在表面上吸收的溶液雜質 (Solution impurities absorbing on the surface) ; 或 (3) 通過溶劑溶脹，重排或改變表面 (swelling, rearrangement or alteration of the surface by the solvent) [1] – [3]。

大致上而言，前進和後退接觸角 (Advancing and receding contact angles) 可提供表面上的最大和最小靜態接觸角。前進和後退角度之間的差異可能高達 50°。由於應用的可用性，動態接觸角和遲滯 (hysteresis) 已成為熱門話題。例如，要形成超疏水或自清潔的表面 (Self-cleaning surfaces)，重要的是要知道滑動角度 (即，基板需要傾斜才能移動液滴的最小角度)，並且嚴格的動態角度測量可以提供有價值的信息。另一方面，遲滯(hysteresis)在各個領域也特別重要。例如，當水擴散到多孔介質中時，可以通過動態接觸角滯後來監控塗層和液/固界面相互作用現象下的吸附 [1] [4]。

使用液滴形狀分析進行動態接觸角測量

接觸角分析儀 (VCA) 是一個可以用來量測靜態和動態接觸角的分析平台。實際作業上，測試液滴被放置在固體表面上。透過光路的設計和靈敏的數位相機。可以記錄測試液滴的數位圖像。然後通過將液滴形狀圖像擬合到 Young-Laplace 方程來計算靜態接觸角。

類似的原理也可以量測到動態接觸角。在這個領域裡，有兩種相對成熟的動態接觸角測量方法，分別是：(a) 體積變化法 (Volume changing method) 和 (b) 傾斜基板法 (Tilting substrate method)。它們都示意性的顯示於圖 2 和 圖 3 中，量測的細節將在以下段落中進行討論。與靜態接觸角測量類似，測試液滴的輪廓通過其數位圖像進行分析和量化，通常也可以通過 Young-Laplace 方程進行擬合。雖然也可以其他定量方法，例如擬合圓或多項式曲線，但可以採用 Young-Laplace 方程進行擬合仍是最常見的方法 [1] – [3]，[5]，[6]。

3. 體積變化方法 (Volume changing method)

體積變化方法是通過以下步驟來實現的：(1)在注射器的尖端上形成一個小液滴，(2)然後使注射器的尖端靠近表面。(3)通過向注射器尖端注入目標液體逐漸增加液滴的體積，直到液滴接觸目標表面。如圖 2 所示，隨著液滴體積的逐漸增加，在液滴與表面之間形成前進的接觸角。可以記錄詳細一系列的影像，並直接使用 VCA 系統的攝影機與軟體進行分析 [1]，[5]，[7]。

Advancing contact angle measurement

Receding contact angle measurement

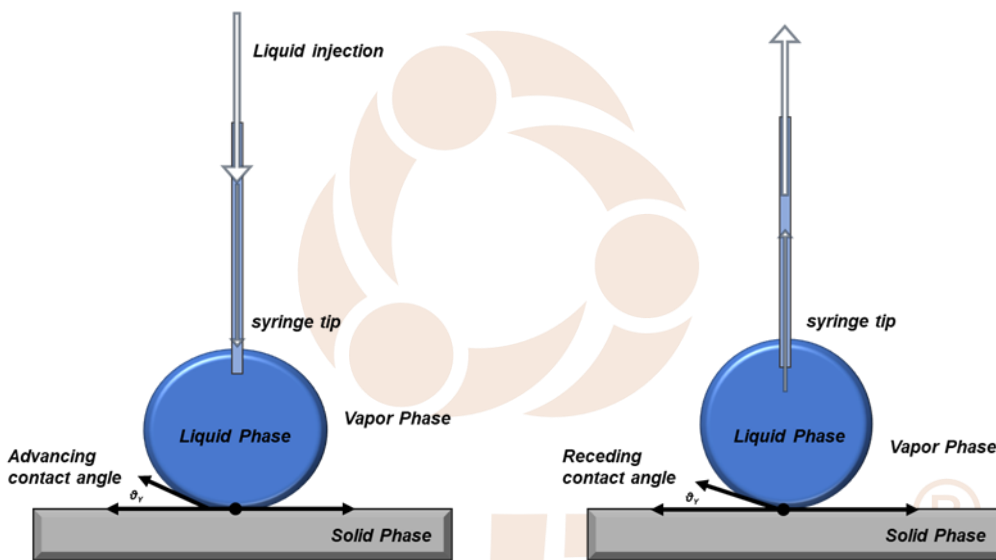


圖 2：通過體積改變方法來測量動態接觸角。(左)：前進接觸角測量。(右)：後退接觸角測量。

類似地，當液滴的體積逐漸減小，可以通過體積改變方法來測量後退角度，如圖 2 所示。

4. 傾斜基板法(Tilting substrate method)

傾斜基板法的原理如圖3所示。將液滴放置在基板傾斜平台上，在該平台上逐漸使基板傾斜。當在液滴剛好要移動之前，測量液滴的前面量測前進的接觸角。後退接觸角則在液滴的背面測量。基於該方法，可以獲得滾降角（即，液滴開始移動的傾斜角）。低的滾降角與低的接觸角滯後有關。

動態接觸角分析在現代表面技術中起著重要作用。通過動態接觸角測量提供的資訊，可用於研究表面的不均勻性，是非常實用的分析工具。在顯影超疏水自清潔表面，快速識別表面粗糙度或雜質。這對於先進材料的開發是非常有幫助的。

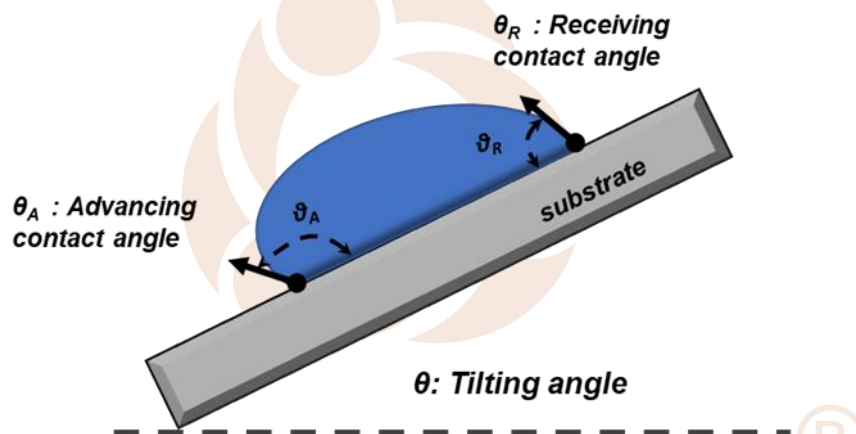
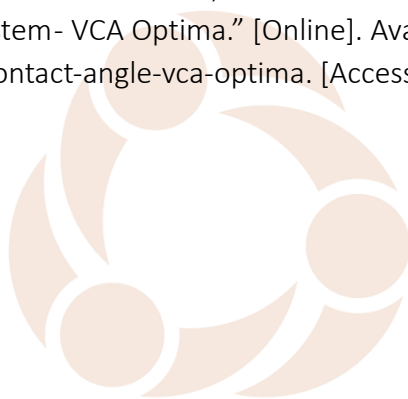


圖3：通過基板傾斜方法來測量動態接觸角

參考文獻

- [1] K. L. Mittal, Ed., Advances in Contact Angle, Wettability and Adhesion. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2013.
- [2] L. Feng et al., "Super-hydrophobic surfaces: From natural to artificial," Adv. Mater., vol. 14, no. 24, pp. 1857–1860, Dec. 2002.
- [3] L. Gao and T. J. McCarthy, "Contact angle hysteresis explained," Langmuir, vol. 22, no. 14. American Chemical Society , pp. 6234–6237, 04-Jul-2006.
- [4] Z. Chen, L. Dong, D. Yang, and H. Lu, "Superhydrophobic graphene-based materials: Surface construction and functional applications," Adv. Mater., vol. 25, no. 37, pp. 5352–5359, 2013.
- [5] B. E. Rapp, Microfluidics: Modeling, mechanics and mathematics. Elsevier Inc., 2016.
- [6] Droplet Wetting and Evaporation. Elsevier, 2015.
- [7] "Video Contact Angle System- VCA Optima." [Online]. Available: <https://www.astp.com/contact-angle-vca-optima>. [Accessed: 16-Dec-2020].



ANTS®

Terms of Use

應用奈米科技股份有限公司(以下簡稱應用奈米科技)對此文件內所有內容,包含但不限於文字、圖形、表格等資訊,持有最終解釋權力。此文件內容有所更新異動時,應用奈米科技將不會主動告知;請用戶自行確認持有的產品與文件版本之適配性。

應用奈米科技將秉持善良企業人之責任,盡力維護此文件之完整性。若對此文件之內容有任何疑問,可透過以下方式進行聯繫。

地址:30743 新竹縣芎林鄉文華街 306 號

電話:03-5921999

傳真:03-5927599

服務信箱:info@ants-inc.com.tw

應用奈米科技股份有限公司

APPLIED NANO TECHNOLOGY SCIENCE, INC.

No. 306, Wenhua St., Qionglin Township,
Hsinchu County 30743, Taiwan

| 30743 新竹縣芎林鄉文華街306號(台灣)
TEL: 03-5921999 FAX: 03-5927599

| 0511 江苏省镇江市润洲民营开发区润兴路70号(南京)
TEL: +86 159-5284-8715