

量水學最新之發展

Latest Developments in Hydrometry

劉 亨 立 Henry Liu

美國米蘇里大學土木系 副教授

X B 241703
241704

一、前 言

去年(1970)八月三日，國際量水會議(International Symposium on Hydrometry)在西德之科布倫次市(Koblenz)舉行，為期一週。該會係聯合國「國際水文十年」(International Hydrological Decade)活動節目之一，由聯合國文教組織(UNESCO)，世界氣象學會(World Meteorological Organization)及國際科學水文學會(International Association of Scientific Hydrology)聯合主辦。該會之目的為集合全世界量水學專家討論量水學最新之發展。派遣代表出席該會者有五十餘國，包括所有科學先進國家及許多開發中之國家，全部出席人數達六百餘，可謂盛況空前。本人獲國際科學水文學會之資助，赴該會宣讀論文一篇。會後應美國國家科學院(National Academy of Sciences)之邀請，曾撰文報導該會之成就，刊登於美國地球物理學會之會刊上⁽¹⁾。本文取材及立論，部份即係根據該文，另一部份亦莫非根據個人參加該會所見所聞，並加入一些管見。若蒙國內專家予以指教，以收拋磚引玉之效，則幸甚矣。

二、量水學之範圍

量水學之範圍可分為廣義與狹義兩種。廣義而言，舉凡一切有關水性質之測量，如水之溫度，導電與導熱常數，混濁度，深度，流速，流量，含沙量，含其它物質成份(包括各種溶解物，混合物，甚至微生物之含量)等等，皆包括在內。這個廣義的量水學英文稱為 hydrometry。狹義之量水學則係指直接或間接測定流量之方法，英文稱為 water measurement。本文論述之對象為廣義之量水學，亦即指 hydrometry 而言。

三、量水學發展之近況

量水學近年來在基本理論上雖無重大之改變，但技術方面却突飛猛進。加以各國近年來對水資源之日益重視，使量水之需要日增，量水之範圍亦大為增廣。茲就本人認為量水工作方面特別重要之幾項新發展闡述如下：

1. 資料之收集、傳播、與處理之自動化——近十餘年來由於高速電子計算機(以下簡稱電腦)之問世，引起各部門科學之重大改變。世界各科學先進國家鑑於用電腦處理許多水文資料時可收經濟，精確與省時之效，乃大量採用電腦，其中尤以數字計算機(digital computer)之使用為最廣。為了配合應用電腦，水文資料在其收集與傳播方法上亦引起了重大之改變。在收集方面，過去利用人工記錄之量水資料固然已盡量改為自動記錄，而記錄之方式亦盡量改用穿孔帶(punched tape)，因這種記錄可供數字計算機直接處理。在傳播方面，對必須立刻用電腦處理之資料(如作洪水預報所需之資料)可以電話線傳播(teletransmission)方式，將自動記錄之資料直接傳入電腦中。這也是一項重大之進步。

2. 人造衛星之應用——人造衛星在氣象觀測方面之價值及實際應用，早已為世人所知。其在量水方面之應用，則尚在試驗與計劃階段。美國環境衛星中心(U. S. National Environmental Satellite Center)目前正在積極研究如何裝設儀器於衛星上以遙測(remote sensing)方式作大規模之量水，及如何利用衛星轉播已採集之水文資料。這項研究工作雖然尚未完成，但因其具有極大之潛力，值得吾人注意。

3. 其它技術上之進步——近年來量水技術方面之一項重大突破為放射性同位素(radio-isotopes)及螢光追蹤物(fluorescent tracers)之成功應用。這兩類東西雖極微量亦可精確量出，因此可被用以量河川之流量，渠道之滲漏，地下水之流動，土壤之沖

1. Henry Liu, "International Hydrometry Symposium, Koblenz, Germany, September 13-19, 1970", *IHD Bulletin, EOS, Transactions, American Geophysical Union*, Feb. 1971.

刷，泥沙之淤積……等等。其利用正在方興未艾中。

另一項技術上之成就為利用紅外線 (infrared radiation) 測量水面溫度。這項技術與航空測量有些類似，在飛機上裝設紅外線照相儀器，可以很方便地測出大面積水面溫度之分佈。目前美國政府正與加拿大合作利用這種技術進行美加兩國間大湖水面溫度之測量，以便製成水面等溫線圖。

以上係就一般量水而言。現在再單就流量測定方面之進步情形加以討論。一項重大之進步係在流速儀 (current meters) 之品質方面。由於品質控制 (quality control) 推行之成功，同一製造之流速儀個別差異甚微，因此美國地質局 (U. S. Geological Survey) 目前已廢止流速儀之個別檢定 (calibration)，而改由許多個中抽一兩個樣品來檢定，如此確能大量節省開支。

又美國近年來亦曾致力於發展流速儀以外測定流量之方法。蓋流速儀應用之範圍雖極廣，終非萬能，如在山澗，河水出海口附近，慢流 (流速低於 5cm/sec) 等情況下皆不適用。實有必要研究其它方法以補流速儀之不足。在這些補充方法中最重要的當推化學物沖淡法 (chemical dilution method)。這種方法過去因消耗化學品之量過大，被認為祇適用於小流量之測定。如今由於放射性同位素與螢光追蹤物之成功使用 (已如上述)，此法可用於任何大小之水流。這種方法因能量山澗之流量，可補流速儀此方面之不足。又因其經濟方便，在許多地方甚至可取代流速儀使用。另一種本人曾致力研究的積分浮漂法 (integrating-float method)^{2, 3, 4, 5} 利用比重小於一之球 (如乒乓球之類)，自水底釋放，由球上昇至水面所需之時間及所行之距離推算流量。這種方法因可用於任何之流速

，可補流速儀不能量低速之不足。又因其精確度不受水速剖面 (velocity profile) 之影響，特別適用於異常之水速剖面，如河水出海口，蓄水庫中水流等。

4. 量水範圍之擴充——雖然前面提及量水學包括一切水性質之測量，但實際上必須為吾人所重視之項目才去測量。近年來由於世界各國人民生活水準之提高，一般人對衛生環境乃日益重視。基於此，許多過去沒有注重之問題，如大氣與水之污染之類，現在已成為眾所關心之事。在這種情勢下，需要測量的水性質項目越來越多。如水中含放射性之量，含農藥之量，含汞量等，過去沒有人注意的，現在已成為科學先進國家量水學之重要課題。又由於核子發電之結果，造成熱污染 (thermo-pollution)，使得測量河川湖海之水溫也成為量水之一重要項目。

在水速方面，過去量水速祇為決定流量，故祇注意到平均流速。現在為了研究水污染，不但需要知道流速之分佈情形，甚至需要測定亂流 (turbulence) 及水流之擴散 (diffusion) 與散播 (dispersion) 系數等。這些新創的量水項目，自然給量水學帶來了不少新知識與新技術。

四、結 論

本文所謂之量水學，其範圍包括一切水性質之測量。近十餘年來這門科學雖於基本理論上無重大之改變，然而在技術方面却突飛猛進。又量水之項目亦在此同一時期內大為增加。這些演進部分係導源於高速電子計算機之引用，另一方面係由於世人對水資源之日益重視。縱觀近年來量水學進步之情形，使吾人對這門科學之將來越具信心。願我國水利界在量水方面能迎頭趕上，甚至超越美國技術之上，如此可為臺灣水資源之發展奠定良好之基礎。

2. Henry Liu, "Streamflow Measurement by the Integrating-Float Method," *Proc., International Symposium on Hydrometry, Koblenz, Germany, Sept., 1970.*
3. Henry Liu and L. D. Martin, "Analysis of Integrating-Float Flow Measurement," *Jour. of the Hydraulic Division, ASCE, Sept. 1968.*
4. Henry Liu and L. D. Martin, "Integrating-Float Measurements at Low Velocities," *Jour. of the Hydraulic Division, ASCE, Jan. 1970.*
5. Henry Liu and C. D. Morris, "Integrating-Float Measurement in Turbulent Flows," *Jour. of the Hydraulic Division, ASCE, Feb. 1970.*