



水處理工程概論

授課：于嘉順 分機：5173  
jasonyu@mail.nsysu.edu.tw



水處理工程概論



- Human and Water
  - 人類聚落、伴水而居、逐水草而居
  - 文明興衰、洪水與環境的衝擊
  - 歷史中的記載
    - 取水及配水工程（可溯自五千年前）
    - 中國三星堆文化的消失
    - 中古世紀（西歐黑死病）
    - 1970年代（環保運動）



水處理工程概論



- 自來水工程（水源 → 用戶）
  - 目的：提供衛生（安全）、可及及充足的用戶供水
  - 服務：水質（衛生、可口）
    - 水量：充足（隨時供應各種用水量的需求）
    - 水壓：適當（供應適當水壓至區內任何地點）
- 下水道工程（用戶 → 水源）
  - 目的：提供安全（淹水）與衛生（積水、污染）的環境
  - 服務：種類（雨水排放與污水收集處理）
    - 系統（分流與合流）
    - 成本與環境衝擊（0污染的迷思）



自來水工程（設施）



- 取水工程：水源、儲水、取水
- 導水工程：導水管、渠、隧道
- 淨水工程：氣曝、混凝、沈澱、過濾、消毒、軟化、RO...
- 配水工程：配水池、配水管網、平壓塔、加壓站、用戶設備、消防栓、...



自來水工程（規劃）



- 工程規模
  - 供水區域：行政區域劃分、集水區域劃分、需求區域劃分
  - 設計年限：區域發展、工程投資、設備、分期發展
  - 供水人口：成長或衰減
  - 供水量：個人用水、商業用水、工業用水、節水措施
  - 水質需求
  - 投資、營運、維護



自來水工程（規劃）



- 工程設計年限
    - 建築物或機器設備的有效壽命
    - 擴充工程的難易度（預估未來技術發展）
    - 財務狀況
    - 建設初期的操作及營運狀況
    - 分期投資、適當維護、永續營運
    - 例：水庫、輸配管線（長期25-50年）
      - 次要管線、處理廠（中期10-25年）
      - 取水井、抽水站（短期5-10年）
- 注意：分期開發的可能性及期程規劃，土地一次取得！



## 自來水工程（規劃）



- 工程規畫
  - 設備配置、構造、水力分析
  - 設施尺寸效能分析演算
  - 工程費估算
  - 投資、營運、維護綜合評估
  - 擬定替代方案
  - 可行性評估、效益評估
  - 社會、經濟成本多元評估



## 自來水工程（規劃）



- 計畫供水量（人口預估、個人用水量預估）
  - 每日平均供水量（DA）：全年供水總和/供水日數
  - 每人每日用水量：每日平均供水量/人口數
  - 每日最高供水量：120-180%每日平均供水量
  - 逐時尖峰供水量：150-300%每日平均供水量
  - 逐時離峰供水量：20-60%每日平均供水量（補充配水池）
  - 消防及公共用水：1-2%DA，可依人口數或面積推估
  - 售水率：水費收入/出水量
  - 無費水率：公共用水、漏水、盜水、水表錯誤



## 自來水工程（水源）



- 目標：水質好、水量足、地點適當
- 地表水：河川、湖泊、水庫
  - 河水：水量有季節性的變化、水質也不穩定、易受環境因素干擾
  - 湖泊、水庫：進水量雖然易受季節性的變化，但是供水量可以維持穩定，自淨作用較好，水質變化也較小
    - 注意：上游水土保持（水庫壽命、濁度）
    - 注意：湖泊優養化（營養鹽）、藻華現象
    - 注意：層化現象（溫度的影響）=> 隔絕表底層循環  
春秋季的翻騰現象、風驅循環流場
  - 水質參數：SS（濁度）、細菌數、BOD、營養鹽、藻類、金屬、毒性物質...



## 自來水工程（水源）



- 地下水：水井、湧泉、集水廊道
  - 水量沒有季節性的變化、水質穩定、不易受環境因素干擾，大多不需處理或僅簡易處理
  - 由於地下水屬缺氧狀態，水中CO<sub>2</sub>及其它有機酸會溶解地層中的礦物質
    - 注意：硬度、金屬
    - 注意：附近是否有污染源
    - 注意：地層下陷（補注）
  - 水質參數：金屬（Ca, Mg, Fe, Mn, Pb, ...）、  
硬度（HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>）、SO<sub>4</sub><sup>=</sup>、Cl...



## 自來水工程（水源）



- 其它水源
  - 20世紀是油的戰爭、21世紀是水的戰爭
  - 海水淡化
    - 注意：鹼水對環境生態的衝擊
  - 二級處理水回收再利用
  - 其它：...
- 各類水質標準



## 自來水工程（水源）



- 水源調查（流量、水質、適用性、成本）
  - 枯水量：> 355 day/year
  - 低水量：> 275 day/year
  - 平水量：> 185 day/year
  - 豐水量：> 95 day/year
  - 洪水量：Q<sub>max</sub>, H<sub>max</sub>
  - 安全出水量：once/20year
  - 其它：...
- 水質參數、水質標準

## 自來水工程 (水源)

### 非自記式水位量測

最簡單的水位量測，為固定於橋柱或堤防與擋水牆等建物之固定刻度水尺(staff gage)。

有時可將數個水尺安裝在不同的位置上，稱為分段水尺(sectional staff gage)。

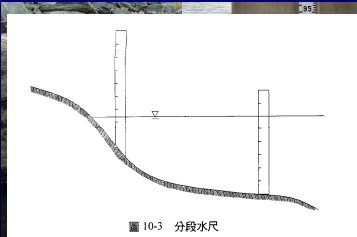



圖 10-3 分段水尺

## 自來水工程 (水源)

### 自記式水位量測

- 浮標式水位計(float gage recorder)是目前自記水位計中最常見之靜水井中之浮標，經由滑輪連結平衡重錘所組或雜物堵塞，通常靜水井中設有沖洗引水管之(tank)。



- 超音波水位計
- 雷達波水位計

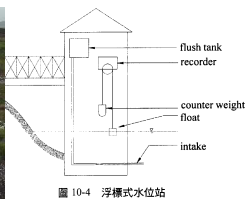


圖 10-4 浮標式水位站

## 自來水工程 (水源)

### 流速計

流速計可分為旋杯式流速計(cups-type current meter)與旋葉式流速計(propeller-type current meter)兩種；流速計一般均附有重錘(sounding weight)與穩定翼片(stabilizing fin)，以增加量測時儀器之

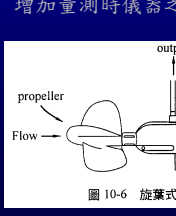


圖 10-6 旋葉式流速計

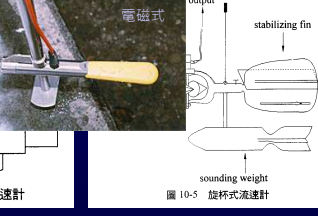


圖 10-5 旋杯式流速計

## 自來水工程 (水源)

流速計的旋杯或旋葉旋轉速度與V之關係為

$$V = a + bN$$


斷面平均流速可以下列方式計算

$$\bar{V} = V_{0.6}$$

$$\bar{V} = \frac{1}{2}(V_{0.2} + V_{0.8})$$

$$\bar{V} = \frac{1}{4}(V_{0.2} + 2V_{0.6} + V_{0.8})$$

洪水期，可僅量測水面下0.5 m的流速 $V_{0.5m}$ ，再將此接近水面的流速乘上常數k即得平均流速

$$\bar{V} = kV_{0.5m} \quad k=0.85 - 0.95$$


## 自來水工程 (水源)

### • 浮標量測

- 將浮標擲入河川，觀測單位時間內浮標所流經之距離，即可得到水面速度。
- 將觀測所得的水面流速乘上常數k即是斷面平均流速。

水面浮標(surface float)易受風的影響，如改為底部加重，部分沈於水中之圓柱桿，則浮標可呈垂直式的漂流而反應垂直斷面的平均流速，稱之為桿浮標(rod float)。

**GPS浮標**


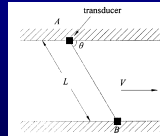



圖 10-7 水面浮標與桿浮標

## 自來水工程 (水源)

### 超音波量測


在河兩岸距底床上某位置處分別裝置超音波訊號檢測器(transducer)，此超音波訊號檢測器可以發送並接收超音波訊號



$$t_A = \frac{L}{C + V \cos \theta}$$

$$t_B = \frac{L}{C - V \cos \theta}$$

因此

$$V = \frac{L}{2 \cos \theta} \left( \frac{1}{t_A} - \frac{1}{t_B} \right)$$




## 自來水工程（水源）



### 流量量測

流量為單位時間內通過某斷面的水體積，一般以 $m^3/sec$  (公制)或 $ft^3/sec$  (英制)表示。流量測定方法頗多，較小的流量可以容器直接量測單位時間內水流之體積，天然河道則可以流速-面積法、稀釋法、水工結構物量測法或坡度-面積法等方式量測之。

由於水工結構物量測法與坡度-面積法是由水深量測資料，配合特殊之水深與流量關係以推求流量，故又稱為間接量測法(*indirect method*)；而流速-面積法與稀釋法則稱為直接量測法(*direct method*)。



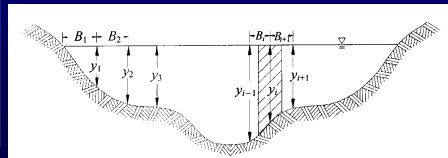
## 自來水工程（水源）



### 流量計算：流速-面積法(velocity-area method)

若將河川劃分成 $N$ 個次斷面，而後利用前述流速量測方式，量測各垂直次斷面之平均流速，則可計算總流量 $Q$

$$Q = \sum_{i=1}^N Q_i = \sum_{i=1}^N A_i \bar{V}_i = \sum_{i=1}^N \frac{1}{2} (B_i + B_{i+1}) y_i \bar{V}_i$$



## 自來水工程（水源）



- 蓄水計算：除河川外沒有適當水源時，將豐水期之剩餘流量蓄於水庫，供枯水期使用
  - 直接取水：枯水量  $\geq$  需水量
  - 水庫蓄水：枯水量  $<$  需水量
  - 平水量  $<$  需水量  $\rightarrow$  其它方案
- 各類水質標準



## 自來水工程（水源）



- 蓄水需求：將河川豐水期之剩餘流量蓄於水庫，供枯水期使用  $\rightarrow$
- $S = Q_{in} - Q_{out}$

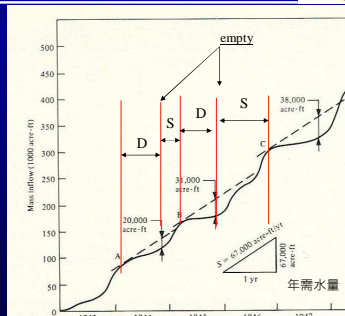


Figure 3.3 Reservoir capacity for a specified yield as determined by use of a mass curve.



## 自來水工程（水源）



### Home Work

- 蓄水計算：
  - 請上網尋找一條河川的流量資料
  - 依據其流量記錄以十年（盡可能）連續資料分析計算
  - 評估在這裡建一水庫的安全供水量
- 水質標準
  - 請蒐集自來水供水及水源取水等相關水源標準法規
  - 國內外至少各三種，比較分析並提出你的看法