

環境污染水文地質學

(Environmental Contaminant Hydrogeology)

授課教師 吳育生

課程目標：

土壤及地下水污染防治工作，於民國89年我國公告「土壤及地下水污染整治法」後，為一新興之環保新興領域。從事土壤及地下水污染防治工作，除了需具備環工領域專長知識外，不論在土壤及地下水污染監測、調查，甚至在污染控制或整治技術、效益上，另需擁有水文地質學專長知識，才能相輔相成。此一領域各項知識技術日新月異，且需時時配合法規制度之修訂，因此需以傳統水文地質學知識為基礎並結合豐富的現場實務工作經驗。

本課程**教學目標**在於介紹如何應用水文地質學知識於環境土壤及地下水污染防治工作，課程內容除了以國內應用實務及經驗為主外，亦強調不斷更新之各項方法技術之原理、優缺點分析與運用範圍。希望訓練學生理論與實際相配合，**替業界培訓可用之實務人才，並拓展學生未來就業廣度。**

- 課程大綱:

本課程首先講授**1.台灣地區各地下水資源分區及與各分區與環境污染有關之水文地質基本特性**；接著講授**2.台灣地區各地下水資源分區地下水污染潛勢與現況**；再來**3.介紹目前國內應用於環境土壤及地下水污染防治工作上之傳統水文地質學知識與技術**，最後再教授**4.可應用於環境土壤及地下水污染防治工作上之水文地質學新知**。

講義內容:

第一部份 我國水文地質資訊概況

part 1 環境污染水文地質學概述

part 2 地區地下水資源分區概述

part 3 台灣地區地下水觀測站網系統概述

part 4 台灣地區水文地質及地下水文基本資料調查方法

part 5 台灣地區水文地質及地下水文基本資料調查成果

第二部份 我國土水環境污染概況

part 6 台灣地區常見地下水污染種類與地層分層關係

part 7 土壤及地下水污染指數評估系統(美環保署**DRASTIC**系統說明)

part 8 台灣地區土壤及地下水污染潛勢區分級

part 9 台灣土壤及地下水高污染潛勢(**Hotspot**)區

part 10 期中考

第三部份 環境污染水文地質調查現場實務—傳統方法

part11 傳統現場水文地質參數及地下水文調查方法

part12 環保署「地下水水質監測井設置規範」

part13 抽水試驗、微水試驗

part14 管柱試驗、現地示蹤劑試驗

第四部份 環境污染水文地質調查現場實務--創新技術

part15 現場水文地質參數調查新技術(1)-地球物理方法

part16 現場水文地質參數調查新技術(2)-現地直接貫入技術

part17 現場地下水文(水位與流場)調查新技術

part18 期末考

教科書目：無，以授課講義上課

參考書目：

1. 地下水，曹以松編著,中國土木水利工程學會
2. 土壤及地下水污染整治:原理與應用,中華民國環境工程學會,民國97年
3. Contaminant Hydrogeology ,C.W. Fetter, Second Edition,Prentice-Hall,1999
4. Contaminant Hydrogeology ,C.W. Fetter, Thomas Boving , David Kremer , Third Edition, Waveland Prss,INC,2018
5. Groundwater R.Allan Freeze ,John A. Cherry,1979
6. Groundwater Hydrology, Herman Bouwer,McGRAW-HILL,1993

參考資料：文獻、研究報告、網際網路

成績計算標準

出席率及上課情形 20%

平時考或作業(2次)20 %

期中考 20%

期末考 20%

環境污染水文地質學 (Environmental Contaminant Hydrogeology)

課程講義 (PART 1)

環境污染水文地質學概述

吳育生

- 何謂「資源」？

 - 大地資源

 - 水資源

 - 土壤及地下水資源(土水資源)

- 地下水資源主管機關？

 - 水量---水利

 - 水質---環保

世界水資源分佈圖

總水量

海洋 97.5%

淡水 2.5%

淡水

冰川 68.7%

地下水 30.1%

永久冻土帶的水 0.8%

地表水和
大气中的水 0.4%

地表水和
大气中的水

淡水湖 67.4%

土壤蓄水 12.2%

大气 9.5%

其他湿地 8.5%

河流 1.6%

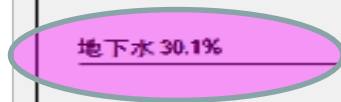
动植物 0.8%

--- 生命三元素：
陽光、空氣、水

--- 水資源

--- 瓶裝水比汽油貴？

--- 水遭受污染還是
資源嗎？



臺灣水資源利用情形

降雨量 936億噸
(86-90年)

100%

蒸發損失量 224億噸

24%

712億噸

71%

5%

河道逕流量 661億噸

歷年平均地下水入滲量 51億噸

入海
543億噸

地下水超抽
7億噸

水庫供水量
44 億噸 (25%)

河川引水量
74 億噸 (42%)

地下水抽用量
58 億噸 (33%)

總用水量 176 億噸

100.00%

18 %
生活用水 33 億噸

72 %
農業用水 126 億噸

10 %
工業用水 17 億噸

台灣地區水資源特性

- 受地形與氣候影響由北而南愈趨明顯，山區多雨，平地少雨北部多雨，南部少雨。
- 3/4以上雨量直流入河谷狹窄，庫容受限
每人每年可分配雨量低，約為世界的1/7
- 河川年流量大，但豐枯期分佈懸殊。
北 6 : 4 中 8 : 2 南 9 : 1
- 水土流失量多、興建水庫成本遞增。
- 河川、水庫、地下水遭受污染，影響水資源利用及安全。
- 生活(?)與工業用水成長快速，需水量增加。
- 地下水超抽，導致嚴重地層下陷與海水入侵。
- 觀光溫泉漫無規劃，過度開發。

	壩高(m)	庫容(億 m ³)
三峽壩	180	293
德基壩	175	2.32

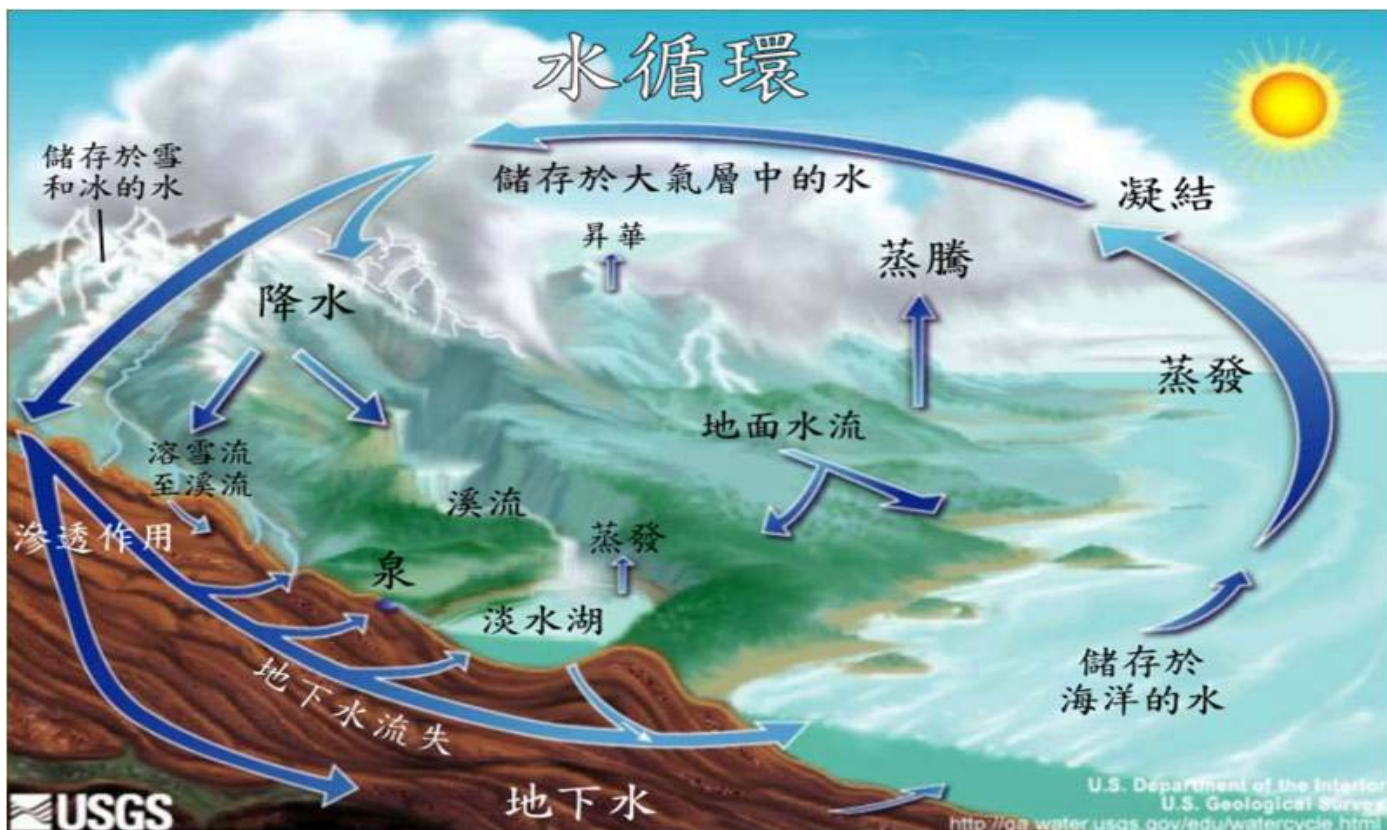
『環境污染水文地質學』概述

1. 何謂「水文地質學」？
2. 何謂「環境污染水文地質學」
3. 「環境污染水文地質學」在環工領域(「土壤及地下水污染防(整)治」)上作何應用？

1.何謂「水文地質學」？

* 水文的定義—— 研究水的特性、移動、分布…

—— 地面水、地下水、冰、雪



* 地下水的定義

領域

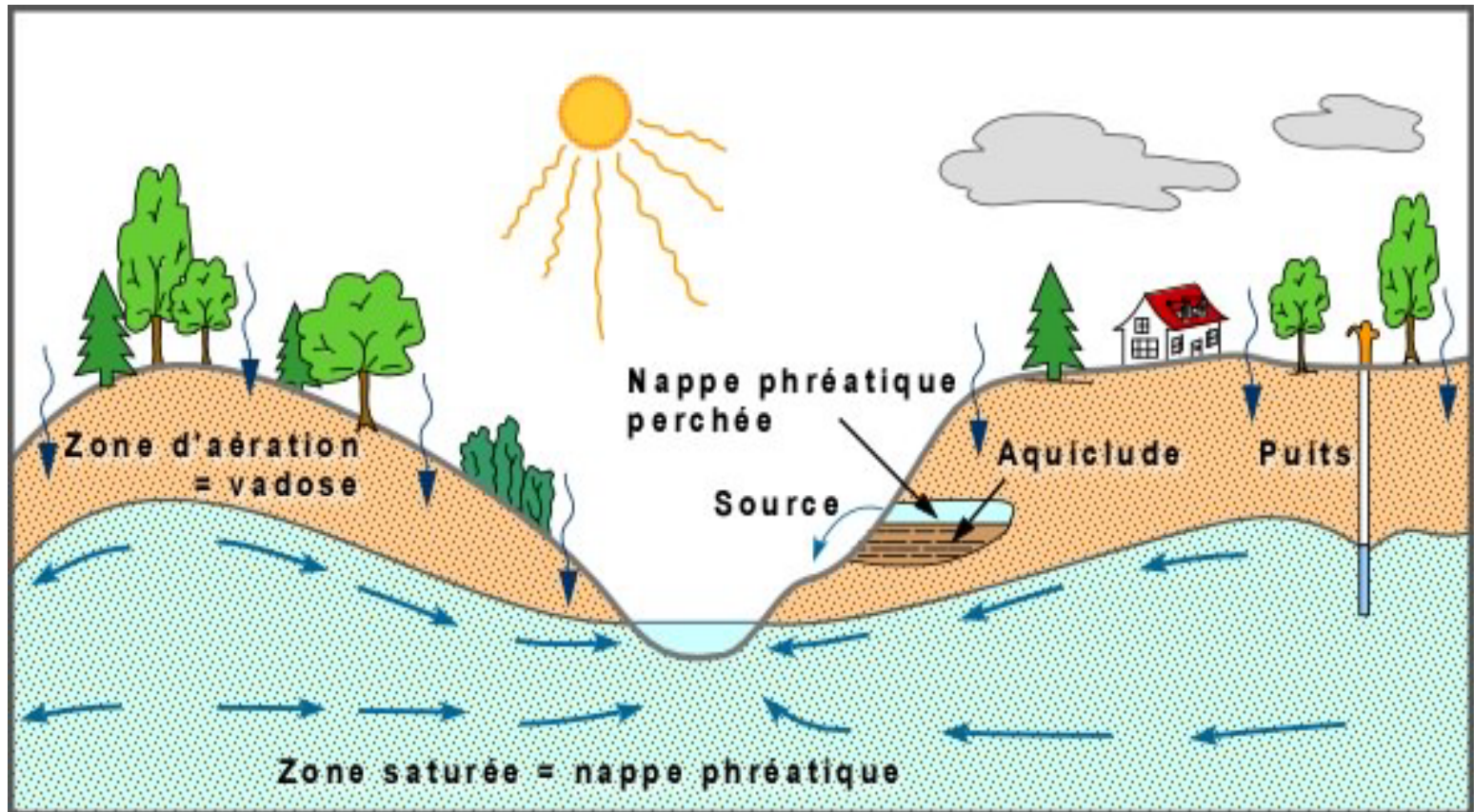
水利—

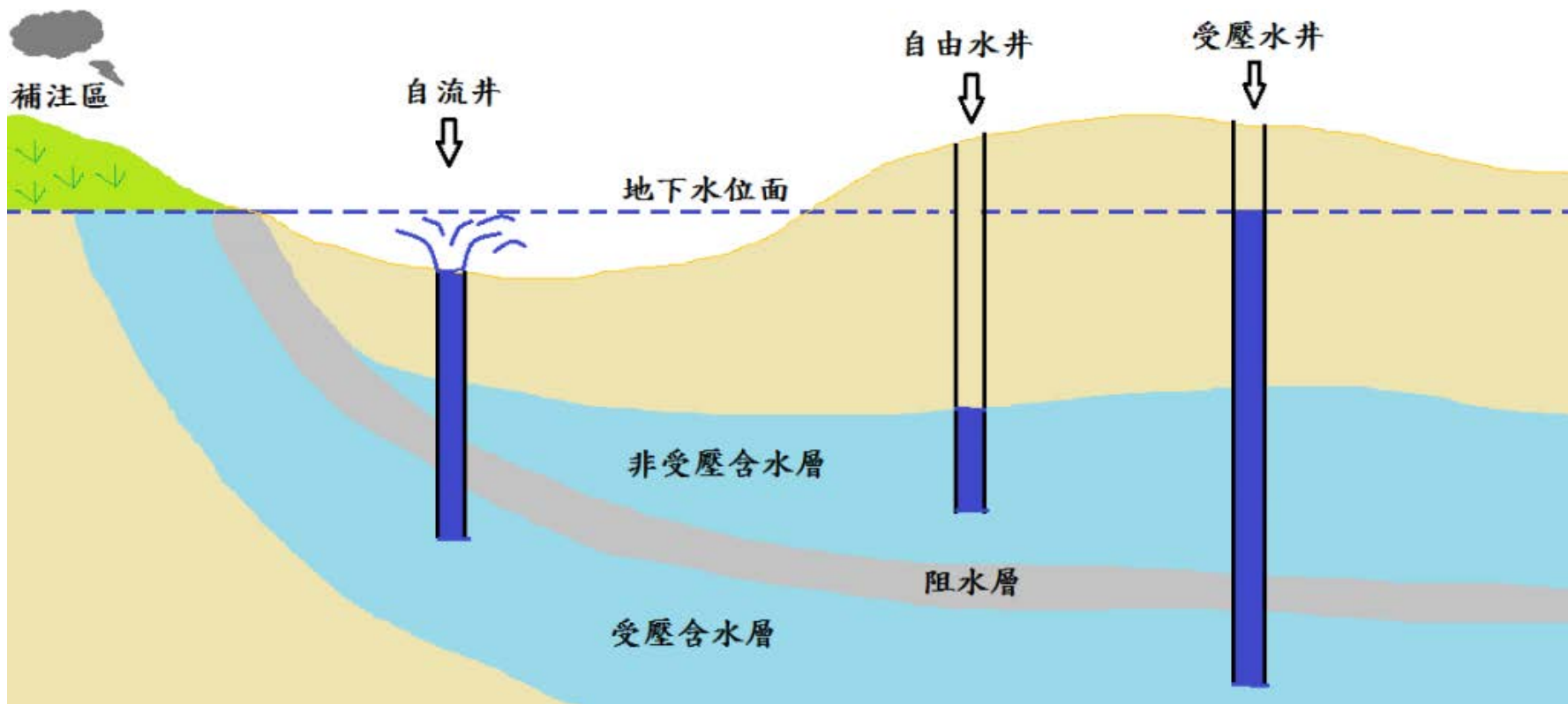
環工—

廣狹義

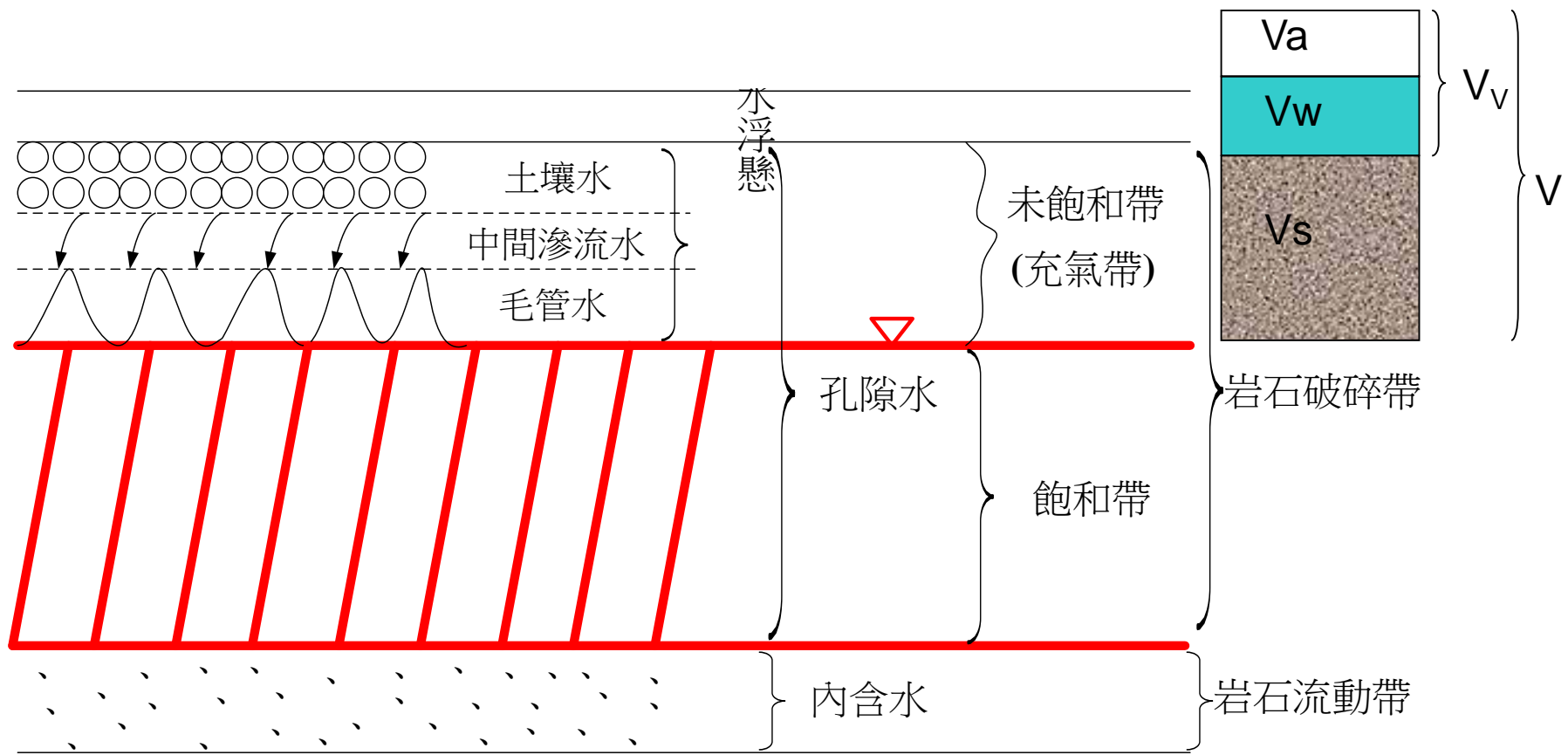
飽和

未飽和





* 地下水的定義



* 孔隙介質(porous media)

- 土壤分類:
1. 依粒徑(國際土壤科學學會分類法,AASHO,ASTM)
 2. 依成份 (AASHO, 美國陸軍工兵團分類法)
 3. 依工程用途(AASHO,統一土壤分類法)

土壤粒徑野外鑑定(潘國樑,應用環境地質學):

漂石(boulder)	>200mm	
卵石(cobble)	60~ 200mm	(籃球,排球)
礫 (gravel)	2~ 60mm	(棒球,網球)
砂 (sand)	0.06~ 2mm	(鋼珠筆尖)
泥或粉砂(silt)	0.002~0.006mm	
黏土 (gray)	<0.002mm	

* 地質學 Geology

-- 歷史地質 Historical Geology
(考古、環境變遷……)

-- 自然地質 Physical Geology

-- 工程地質 (土木工程：水壩、橋樑、隧道、邊坡穩定)

-- 水文地質、地層學 (水利工程：水資源評估；

環境工程：地下水污染整治)

-- 構造地質 (石油工程：油氣藏量評估)

* 水文學(Hydrology)

* 地下水水文學(Ground Water Hydrology)

* 水力學(Hydraulics)

地下水水力學 Ground Water Hydraulics

* 水利 Water Resources
Hydraulic

* 環境污染水文地質學 (Environmental Contaminant Hydrogeology)

—含地下水水文學(水文地質學、地質水文學)

—含地下水(井)水力學

水文地質學
Hydro-geology
地質水文學
Geohydrology

2. 何謂「環境污染水文地質學」

---- 應用水文地質學專業知識(部份)於地下水污染工作(監測、調查與整治)

* 地層分層 (污染物或地層特性)

* 地下水流場 (水位、水流儀)

* 井水力學

所謂「環境污染水文地質學」

所需的水文地質專業知識：

(1)地層分層、含水層特性— 污染傳輸介質

淺層為主：不慎堆置、儲存、掩埋、洩漏……

深層次之：非法灌注、DNAPL

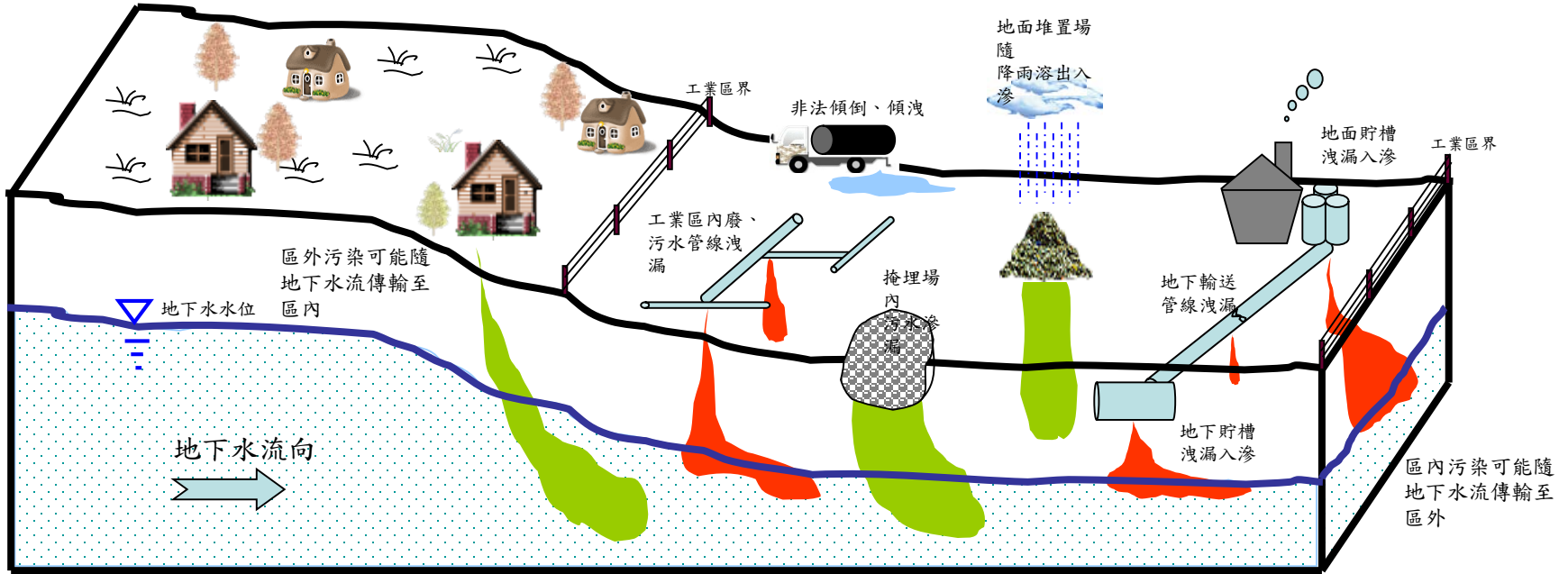
含水層特性：透水性、連續性、層別、位態



(2)地下水水文(流場)- 地下水流模式 污染傳輸模式

(3)井水力學 (pump & treat): 抽除規劃與效率(井位、井密度、井深、井徑、抽水馬力與影響半徑)

土壤及地下水污染的可能來源



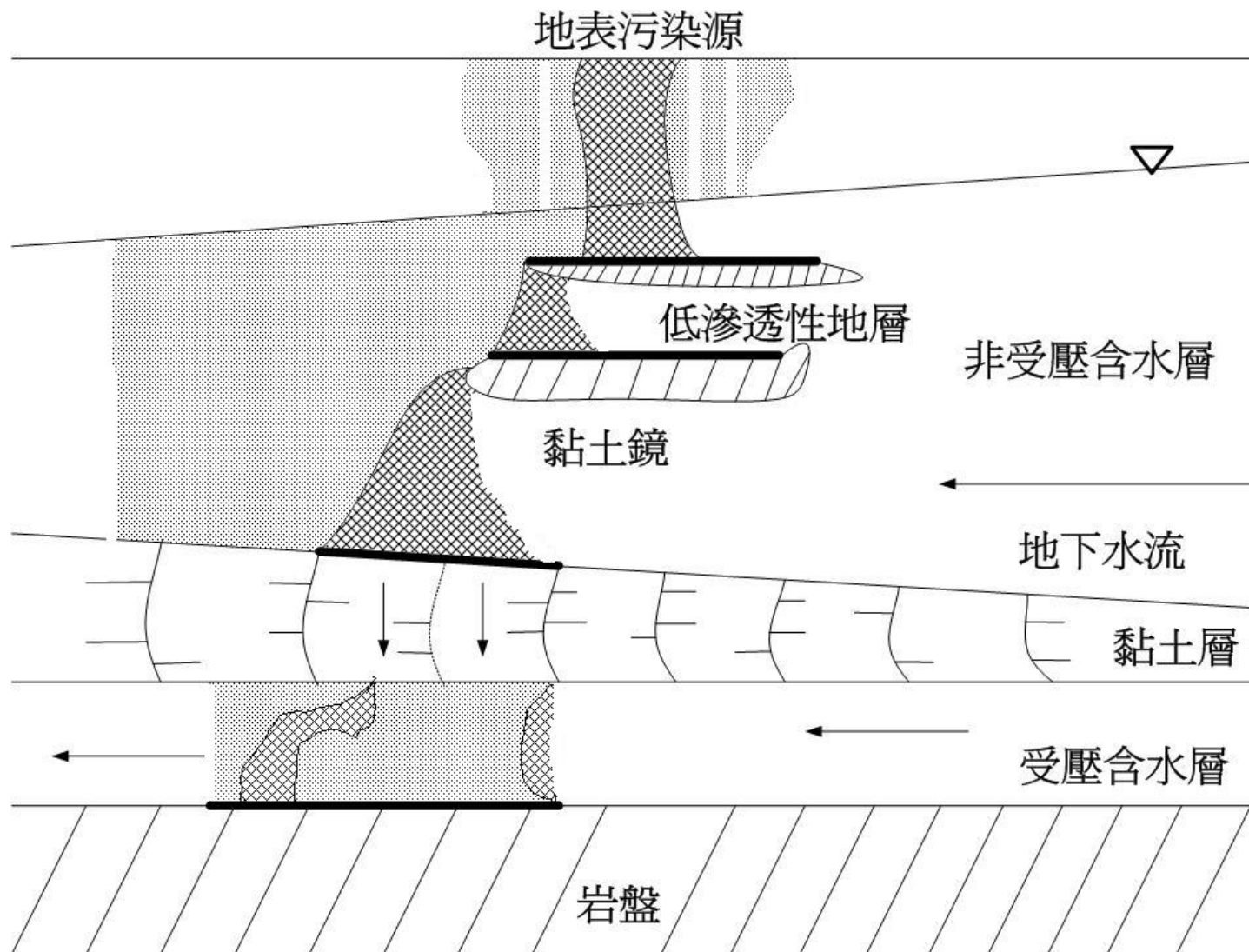
台灣常見的土壤及地下水污染物質

1. 重金屬

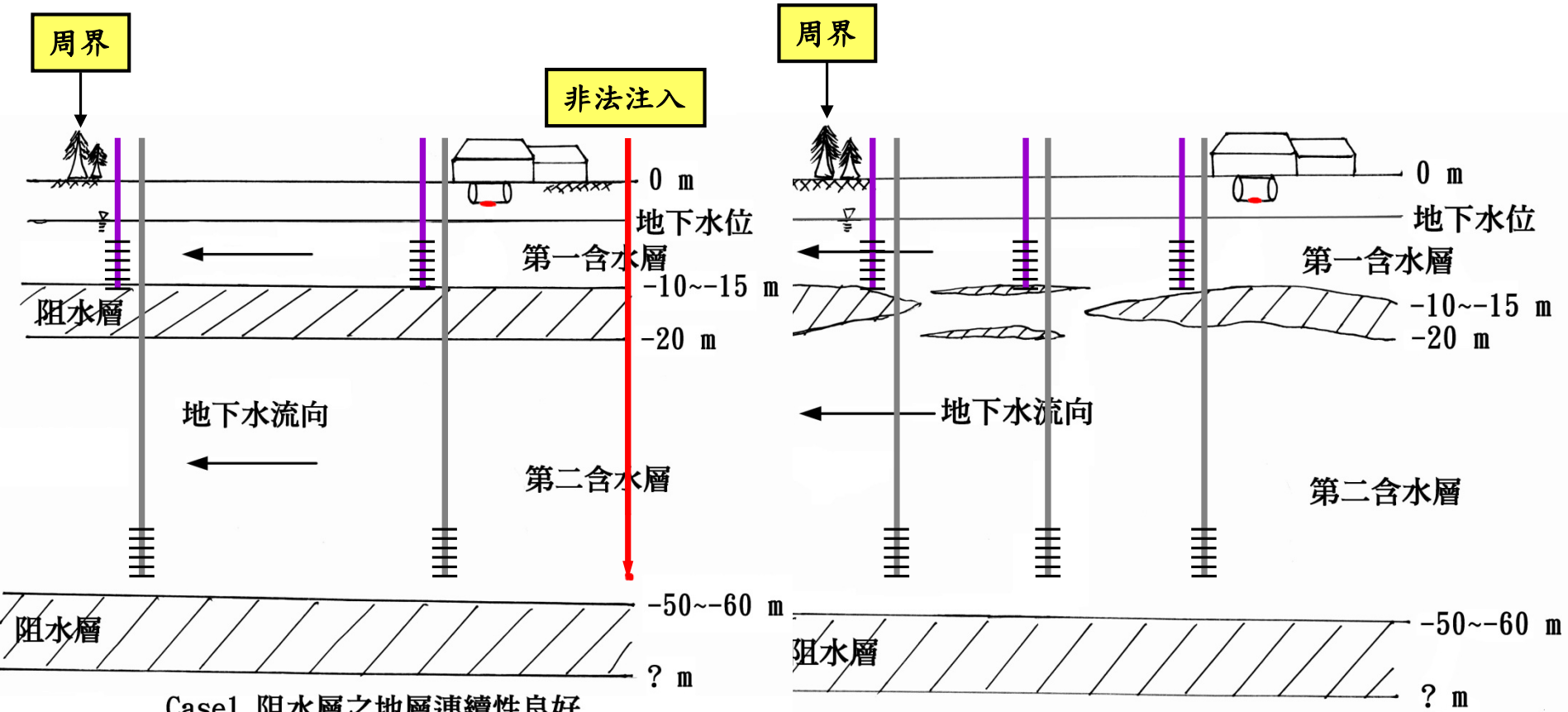
2. BETX、TPH

3. 含氯有機物質(PCE、TCE、DCE、VC)

D-NAPL 物質的特性



地層連續性對地下水污染傳輸的影響



Case1 阻水層之地層連續性良好
(地下水DNAPL污染受阻於阻水層)

Case2 阻水層之地層連續性不佳
(地下水DNAPL污染可由地層
不連續處下滲至更深層之含水層)

* 土壤及地下水污染防(整)治工作 所需之專業知識領域

防：環工(空、水、廢、毒)、

水文地質(大尺度監測、調查)

治：環工(整治技術)、

水文地質(細密調查)

環工技師



應用地質技師

2000~2009

2010~

*歐美日先進國家 → 台灣 → 大陸與第三世界

法規	相關條文內容
<p>土壤及地下水 污染整治 法</p>	<p>第十一條 依本法規定須提出、檢具之污染控制計畫、污染整治計畫、評估調查資料、污染調查及評估計畫等文件，應經依法登記執業之環境工程技師、應用地質技師或其他相關專業技師簽證。</p> <p>第二十八條 中央主管機關為整治土壤、地下水污染，得對公告之物質，依其產生量及輸入量，向製造者及輸入者徵收土壤及地下水污染整治費，並成立土壤及地下水污染整治基金。</p> <p>前項土壤及地下水污染整治費之物質徵收種類、計算方式、繳費流程、繳納期限、委託專業機構審理查核及其他應遵行事項之辦法，由中央主管機關定之。</p>

<p>土壤及地下水 直接貫入採樣 及篩選測試方 法</p>	<p>六、採樣及保存 （三）特殊井測工具 1. 地工感測技術 (3) 震波工具 (Seismic tools) 震波感測器之原理係利用高頻率之震波傳入地表下，碰到介質的改變會產生反射或折射現象。將此反射或折射訊號藉由地面上所設置之震波接收器加以記錄，並以軟體進行資料處理及即時判定岩盤地層、土壤型態及地下水深度。震波感測深度可達1000公尺。但震波接收器必須置於地表，故易受地表上植被或大型建築物干擾，需由有經驗的工程師做數據判讀。</p>
---	--

<p>土壤及地下水 污染整治費收 費辦法</p>	<p>第十三條 中央主管機關必要時得對依本辦法規定所應行申報或申請之內容進行現場查核。 中央主管機關依第四條至第十一條辦理相關申報審查、核定、現場查核及通知等業務時，得視實際需要，委託專業機構辦理。</p>
<p>地下水水質監 測井廢井作業 規範</p>	<p>三、監工人員資格 執行廢井作業時應由具備下列資格之一之專業水文地質師於現場監工(可由廢井執行單位人員同時兼任)，並於紀錄表單簽認，其資格與經驗是否能滿足工作需求由環保主管機關認定之。 (一)研究所環工、地質、水利或相關類科系畢業或高等、技師考試相同科別及格，並有鑿井工程2年以上經驗者。 (二)大專院校環工、地質、水利或相關類科系畢業或普通考試相同科別及格，並有鑿井工程5年以上經驗者。 (三)取得經目的事業主管機關核可之國外水文地質師執照者。</p>

地下水水質監測井設置規範

二、範圍及說明

1.本規範適用於未密實顆粒(unconsolidated granular)土層，以監測飽和含水層地下水質，取得監測井周邊之代表性地下水水樣為目的，而非以抽水試驗為設置目的。異於前述情況之監測井設置，由水文地質專業人士依現場實際地質情形，參考本規範辦理。

三、鑽孔

1. 2. 3.

井址原則參照業主提供之預定井址設置；若基於事實需要，承包商得基於專業判斷選擇適當之替代井址，並經業主同意後設置之。至於鑽孔地點由承包商負責選定，不可破壞地下埋設管線或其他公有／私有隱式器物；若有破壞，承包商應負責賠償、修復或其他相關法律責任。鑽孔處之地下水位深度判定、水文地質特性研析、含水層型態識別及決定孔徑深度、相關資料之蒐集等由承包商專業水文地質師負責。

附錄二、監測井驗收時應注意事項

監測井設置及完工後可由下列幾個步驟加以校核驗收，以確保監測井的品質。

一、現場監督

配合監測井設置作業，由承包商指派專業人員在現場實地監督及查核設井過程、井管井篩規格、濾料材質及粒徑、濾料細沙及水泥回填深度是否符合設置規範。驗收時需現場檢驗監測井水質濁度。汲提少量井水用合適方法或業主同意之方法檢視其濁度、懸浮物情況。若未能達到業主的的要求，承包商需再次完井，直到業主同意。

3. 「環境污染水文地質學」在

「土壤及地下水污染防(整)治」作何應用?

(1) 地質鑽探、地球物理探勘 --- 地層分層 (地下水質監測

井井深設計及污染查證、控制或整治之細密調查)

(2) 基本地下水水文及井水力學 --- 地下水觀測井建置與水文

(井)試驗 --- 水位觀測 --- 地下水質監測井規劃(上

、下游)與建置(井篩位置) --- 水文(井)試驗(污染

查證、控制或整治之細密調查)

(3) 地下水污染傳輸與模擬(整治方法規劃設計與效益評估)

課程特色---

- 水文地質---國內工程實務經驗概述
 - 環境污染(土壤及地下水污染)
 - 水文地質專業之鑑識能力
 - 井水力學學理---應用範圍概(略)述
-
- 浩海無涯----但至少先知其然(多看)
 - 需要有興趣才會有樂趣(多想)
 - 見多識廣又知其所以然 (想通了)---你就是專家(有用嗎?)

未來之展望

- 領域與市場特性：上升
- 水文地質背景者：具有專業優勢；人脈劣勢
- 如何與環工背景者一爭長短？

- 學生已修習課程？

- 地質學相關

- 水文地質學相關

- 土壤及地下水污染防治相關

相關課程

- 地質學相關課程
- 環境工程概論(陳盈良老師)
 - 環境物理化學
 - 環境有機化學
 - 環境微生物學
 - 水質與污水生物處理
 - 分子生物之應用
 - 資源工程在環境保護之應用

- 井測學和能源資源應用(楊耿明、謝秉志老師)

- 自然電位井測剖面
- 伽瑪電位井測剖面 (地層分層判識 V ; 污染團判識?)
- 地電阻井測剖面
- 孔隙率井測剖面

- 地質資源探勘與開發原理(徐國錦老師)

- 基礎流體力學
- 地下水流動
- 水井力學
- 地下水污染傳輸

- 目標要明確 --- 原則要掌握 --- 方法自己想
- 目標明確 --- 免走冤枉路
- 原則 與 方法 --- 決定道路是崎嶇或坦途
- 態度決定高度

(The attitude determines the altitude)

學習本課程的目的？

學習的目的？

(增加讓人生更精采的可能性)