

水文地质学概论

П. П. 克利門托夫 著

地质出版社

水文地质学概论

克利門托夫 著

地质出版社

1957·北京

П. П. КЛИМЕНТОВ

ВВЕДЕНИЕ В ГИДРОГЕОЛОГИЮ

本書系蘇聯著名的礦床水文地質學博士克利門托夫教授，在我國東北地質學院為研究生和進修教師講授“水文地質學概論”這門課程時，所編寫的講義。作者基於蘇聯最新的水文地質科學理論結合中國各地區的具体實例寫成的，使讀者不僅能掌握水文地質學原理，而且對中國境內水文地質條件能有一明確總括的了解。他寫出水文地質科學在中國的發展簡史，並指出水文地質科學在中國未來的發展遠景和水文地質工作者所面臨的任務。

本書由劉英林、李毓光、張志誠、陳思齊和楊麗華翻譯，由王秉忱和雷有義校對。

本書可供大專學校水文地質和工程地質專業的師生參考，也適用於從事水文地質和工程地質專業的技術人員。

水文地質學概論

著 者 克 利 門 托 夫

出 版 者 地 質 出 版 社

北京宣武門外永光寺西街3號

北京市書刊出版業營業許可證出字第0505號

發 行 者 新 華 書 店

印 刷 者 地 質 印 刷 廠

北京廣安門內教子胡同甲32號

編輯：孫保先 技術編輯：石 志 校對：洪梅玲

印數(京)1-6,950冊 1957年6月北京第1版

開本31 $\frac{1}{2}$ ×34 $\frac{1}{2}$ /₂₅ 1957年6月第1次印刷

字數235,000 印張11 $\frac{1}{2}$ 插頁4

定價(10)1.50元

目 錄

緒 論	7
第 一 講 水文地質学在苏联和中國的發展簡史	9
第 二 講 自然界中水的总循环	24
第 三 講 温度对地表与地壳內水的分布及状态的意义	29
§1. 地球热的均衡	29
§2. 影响地表热量的因素	30
§3. 土壤和岩石的热性	33
§4. 地壳外層的温度波动	34
§5. 地下水的温度	39
第 四 講 水文气象条件及其对地下水的影响	43
§1. 大气圈的成分和構造 空气的湿度	43
§2. 大气降水及其在苏联境內的分布	48
§3. 中國的气候概况	51
§4. 水面蒸發和大陸蒸發 蒸散作用	64
第 五 講 地表逕流和地下逕流	73
§1. 地表逕流的特征	73
§2. 河流的补給类型	77
§3. 河水流量和补給河水的潛水量測定	84
第 六 講 地壳中的水及其与岩石的相互关系	91
§1. 岩石的多孔度、孔隙度和天然湿度	91
§2. 岩石的水理性質	100
§3. 水在岩石中的形式	103
§4. 地下水运动的基本定律	110
第 七 講 地下水的物理性質和化学成分	115
§1. 地下水成分的形成条件	115
§2. 地下水的物理性質	117

§3. 地下水的化学成分	120
§4. 地下水的細菌成分	127
§5. 飲用水的評價	128
§6. 地下水按化学成分的分类	128
§7. 地下水化学分析資料整理	131
§8. 化学分析水样的采取	135
§9. 水的化学分析种类	138
第 八 講 地下水的起源与分类	140
§1. 地下水的起源	140
§2. 地下水的分类	146
第 九 講 上層滯水和潛水	149
一、上層滯水和土壤層中水	149
§1. 上層滯水	149
§2. 土壤層中水	151
二、潛 水	152
§1. 潛水的特征	152
§2. 潛水面形狀	157
§3. 潛水的補給条件	159
§4. 潛水与地表水流和蓄水池中水的关系	162
§5. 潛水的分帶	165
§6. 关于中華人民共和國境內的潛水概述	167
§7. 几种类型潛水的特点	173
第 十 講 自流水	188
§1. 自流水埋藏条件	188
§2. 自流水資源	197
§3. 某些典型自流盆地的水文地質条件	199
第 十 一 講 裂隙水和喀斯特水	206
§1. 关于岩石裂隙的一些資料	206
§2. 裂隙岩石的含水性	208
§3. 喀斯特水	214

第十二講 多年冻結区的地下水	226
§1. 多年冻結層及其在苏联和中國的分布	226
§2. 多年冻結区地下水的埋藏条件	230
§3. 多年冻結区的冰椎	234
第十三講 泉及其分类	238
§1. 泉的一般概念	238
§2. 泉的分类	240
§3. 某些类型泉的論述	245
§4. 多年冻結区的泉	259
第十四講 水文地質調查及水文地質圖編制的基本概念	262
参考文献	271

水文地質学概論

緒 論

水文地質学是研究地下水的科学。它研究地下水的分布、生成和运动情况以及化学成分和物理性質。此外，水文地質学的任务还包括在國民經濟当中最合理地利用地下水和在建筑施工上及开采礦床时，制定防止湧水的有效措施。

地下水与地壳上部的岩石有密切关系，把地下水与后者脱离开來研究是不可能的；因此水文地質学是关于地球的科学——地質学的一部分。就广义而言，研究水文地質学，以及为了國民經濟的某种需要对地下水進行水文地質調查，沒有地質知識是不可能的。关于这个問題早在1839年索科洛夫（Д. И. Соколов）[71]就曾寫道：“……沒有地質知識也不能順利地开鑿自流井……”，后來（1935年）Ф. П. 薩瓦連斯基院士[67]在“水文地質学”教科書中指出：地下水存在于地壳的岩層中，其埋藏条件、运动情况和化学成分，决定于含水層的岩性特征。因此，水文地質学与地質学的关系十分密切，有一个时期水文地質学曾被認為是地質学的一部分。李奇科夫（Б. Л. Личков）（1955）更果断地強調这一点，他寫道：“因此研究地下水的科学中的水文地質学，应当是研究地下水的地質科学”。接着寫道“……同时水文地質学也应当包括研究天然水与地球上固体的关系。因此决定了水文地質学隸属于地質科学。”

众所周知，地質学分为数門相关的科目，其中的一門就是水文地質学。

目前在苏联，水文地質学被認為是綜合性的科学，它包括下列几个大的部分：

- (1) 水文地質学概論；
- (2) 地下水动力学原理；
- (3) 地下水普查与勘探；
- (4) 礦床水文地質学；
- (5) 水文地球化学；
- (6) 区域水文地質学；
- (7) 礦水学。

本書从第一講到十四講討論水文地質学的一般問題（“水文地質学概論”）。

第一講 水文地質學

在蘇聯和中國的發展簡史

水文地質學和許多其他學科一樣，是由於必須滿足國民經濟增長的需要而產生的。應當認為，關於地下水的最初知識还是在远古人類歷史初期的生活中獲得的。用這些知識可能根據少數的當地特征選出掘井的地段，後來也能選出鑿坎兒井和鑽孔的地段。顯然，在缺少地表水的干旱地區，取水的實際技能較快地發展起來。在中國，這種地區位於北方和西北，而在蘇聯是東南的干旱地區，在那裡地表水流稀少，淡的地下水也很少。

水井和其他取水建築物是由掘井工人開鑿的，他們不僅通曉用以確定地下水體存在的當地標志，而且也完全掌握了打井和加固井壁的技術。掘井的手藝是很出名的，掘井人受到很大的尊敬。

從中國歷史上可以看出，遠在漢朝（紀元前206年到紀元220年）就開始“鑿”井，當時，個別井的深度約達130公尺。

根據涅斯捷魯克（Ф. Я. Нестерук）[56]的材料，在紀元前三百年以前，中國就採用了纜繩衝击法打鑽。

由涅斯捷魯克的著作中可以見到：中國第一個井渠（所謂的坎兒井——見下面第九講，§7）至少是在紀元前300年到200年間開鑿的；個別集水井渠的長度曾達數十公里。

在新疆東北地區有無數的綠洲，如漢都、哈拉禾卓—卡雷西、辛金等等，都是由坎兒井的水供給。涅斯捷魯克寫道：“吐魯番盆地的很多村鎮，如吐魯番，鄯善，魯克沁只有一部分用溪水；供給它們用水的，主要是靠坎兒井。坎兒井口或者通至用水地區的中心，或者直接通至耕作區。”

在遊牧生活方式為主的時候，人們就已經尋找和取用淡的地下水

作为飲料。后来，因为定居下来，开始取水灌溉。在沒有鹽礦層的地方人們用蒸發鹹泉水的方法取鹽。随着居民人数的增加，对鹽的需要量也增多了。为此，开始开鑿提取地下鹽水的水井和汲取鹽水的鑽孔。譬如，在四川省，云南省和中國西北，很久以前就曾开孔取鹽。例如四川省，远在漢朝时候就从由鑽孔汲出的鹽水中采鹽。自贡采鹽場在秦朝（紀元221—207年）就开始采鹽^①。2000多年以前，在中國就曾利用竹筒輸送从井中汲出的鹽水。用这种竹筒可以將鹽水送到数十公里远的地方。有必要着重指出这一点：用手工法打的取鹽鑽孔的深度竟达900公尺。在苏联，在曾用地下鹽水熬鹽的一些地区（旧魯薩、索尔維契戈德斯科等地），直到目前还保留一部分木制鑽管加固的鑽孔，鹽水从管子中向外流动。

应当指出，为了采取鹽水不僅开鑿了鑽孔，而且也打了井筒。譬如在苏联欧洲部分，远在17世紀就在別尔木采鹽場用鑽探方法开鑿了直徑达1公尺的礦井。必需着重強調指出：这些礦井是穿过坚硬岩石上厚达25公尺的流砂層开鑿的。众所周知，即使今天，在厚層的流砂中开鑿井筒也有一定的困难。

远在1757—1759年，天才的俄國学者 M. B. 罗蒙諾索夫第一次指出了地下水在地質作用中的意义。罗蒙諾索夫在“地震金屬生成論”中寫道：“其实，雨水滲入岩石內把其中散蕩的礦物帶走，然后流入挤压和水滴造成的裂隙內；保留于其中的礦物，在若干時間內，就填滿了所有的空洞。礦工的日常工作就証實了这一点。在礦山中……他們經常找到新的礦物。这些礦物不僅把集中一起的老礦石分开，而又重新使其結合在一起，而且老礦石也被新的物質所充填。”

在上述著作中 M. B. 罗蒙諾索夫对地下水与岩石的相互关系，作了如下的說明：“因为雨水滲入岩石时，溶解了組成岩石的細小顆粒，所以具有膠結其他物体成为岩石的能力，而將先前由岩石中帶來的顆粒

① 穆海秀：“自贡采鹽場”，人民圖報，1953年5月号。

留在这些物体的孔隙中。”

这样，M. B. 罗蒙諾索夫实际上是發表了地下水靠吸收大气降水（滲透）而补給的学說，并且也把这种現象与“地層”內進行的地質作用联系起來。他肯定大气降水“……滲透到地球深处，随泉水將埋藏很深的礦物帶出”。

地下水是湿润气候区許多河流的經常补給水源；在某些情况下，也是干燥区許多河流的經常补給水源。在苏联的欧洲部分，地下水往往是城市供水的主要水源。中國新疆东部的哈密和吐魯番，基本上是以地下水作为供水水源。

据中華人民共和國地質部副部長許傑同志^①談：中國的地質工作开始于1911年。許傑同志在該文中接着說：“解放前只有少数的中國地質人員研究我國的自然財富，僅僅出版了很少的地質圖、書籍和雜誌。地質工作无組織地進行，放任自流，脫離國家的实际需要。

革命勝利后，为了滿足有計劃的經濟建設的需要，人民政府大力开展了地質勘探工作。最近几年，我國組織起來的地質勘探隊和地質勘探干部飛速的增長，說明了中國地質勘探工作的規模……地質勘探人員發現了儲量很大的礦產——鉄、煤、有色金屬。”

有关地質勘探干部的培养，許傑同志在文章的最后寫道：“目前最重要的任务之一是培养業務熟練的地質專家。从前，中國几乎沒有地質学校，現在，中華人民共和國有二个地質學院，六个地質勘探技術学校。此外，在國家某些高等学校中設有專門的地質系。”

根据許傑同志在文章中所談到的几点，可以認為：水文地質学在中國成为地質学的独立学科和实用部分是在中華人民共和國成立之后，也就是从地質学院和其他学校建立时开始的。

在苏联，水文地質学完全成为独立学科是在偉大的十月革命之

^①許傑（中華人民共和國地質部副部長）：“中國地質勘探工作”，人民圖報，1954年9月号。

后，当工業建設、民用工程和其他类型建筑开始飛速發展的时候。

在中華人民共和國，第一批大規模的水文地質勘察，是結合許多城市（北京、長春、包頭、西安等）及工業項目的供水和最重要的水工建筑（淮河的三河閘，薄山水庫，永定河的官廳水庫，河北省的引水渠道，淮河流域的佛子嶺水庫等）开始的。

远在金朝和元朝就曾企圖將永定河水引到北京。在著名的中國學者北魏酈道元對中國河系古典著作的註譯——“水經注”中記載了关于当时中國河流水工建筑的詳細資料。在酈道元的著作中指出：远在六百年前，就曾有过利用永定河水供給北京的草案。以后，在13世紀又曾重新企圖將該河水引到北京。但是，当时这些企圖、沒有得到良好的結果；人們不能征服不定的永定河^①。

只是在解放后，于永定河的上游，建筑了大型的官廳水庫。水庫中水的容積可达2,200,000,000立方公尺。目前从水庫地区向北京鋪設着輸水管路，它的輸水量达1,500,000立方公尺/晝夜。該水將作为首都的工業用水、農業用水和居民用水。

可見，中華人民共和國第一批最重要的水文地質勘察、工程地質勘察和其他勘察是在最大的水工建筑区——荆江分洪，佛子嶺水庫和官廳水庫，潤河集和三河閘調節坝竣工区進行的。此外，曾進行了許多建筑，大大减少了在广大面積上發生水災的危險性。

1954年防止水災的斗争中，長江和淮河上的水工建筑起了極大的作用。在1951年开始建設的淮河上的水工建筑体系是特別巨大的（圖1）。

据崔載之^②所談，目前在淮河上游已建成了五座調節水庫。此外，尚有若干水庫正在建設，同时也准备修建其他大型水庫。

接着，崔載之在文章中談到，在淮河下游修筑了16个水庫和蓄水池。1953年在江苏省的洪澤湖岸修建了长达700余公尺的三河閘。

①“把永定河水引入北京”，旅行家1956年第3期。

②崔載之：“新中國五年來水利建設的成就”，人民日報，1954年9月号。

這一水閘完全控制了洪水期淮河下游的水量。由洪澤湖至黃海，^①并辟了長達170公里的灌溉總渠，渠道的水能灌溉25,800,000畝農田(圖1)。在這一渠道上也創造了正常航運的條件。

應當特別指出，遠在1946年解放區人民政府就組織了岸堤加固工作，並採取了其他措施以防止黃河下游的水災。

在1953年中國的東北已經開始了遼河河水動態的規劃工作。在其主要支流——渾河上，修築着大伙房水庫。

許多竣工的大型水工建築，實現了中國人民期待已久的願望。正如中華人民共和國水利部部長傅作義同志在“中國水利建設的新成就”^②一文中所談：“幾千年來，中國人民一直和河水泛濫進行過英勇的鬥爭。但在反動派的統治時期，人民的生產力受到了束縛，因而不能成功地防止天災。在洪水期，中國的許多河流泛濫成災，淹沒了廣大的土地，給人民帶來了無數次地災難。全國解放後，情況大大地改變了。中國人民開始根治造成災害的河流，使其服務於人民。與調節河流的同時，國內開展了規模龐大的水利建設。中國領土的遼闊、自然條件的特殊，使我們完成這一任務增加了困難，但是由於共產黨和人民政府的領導，這些困難會很順利地克服，在這方面每年都給我們帶來新的成就。在“走向新的勝利”^③社論中提到，1954年中國人民與水災鬥爭獲得了徹底的勝利。這次水災就其規模來說，是近百年來所未見到的。

李富春同志在“中華人民共和國國民經濟發展第一個五年計劃”^④報告中談到：“……集中主要力量進行以蘇聯幫助我國設計的156個建設單位為中心的、由限額以上的694個建設單位組成的工業建設，建立我國的社會主義工業化的初步基礎……”。接着在報告中談到，撥款總額的44.2%，即339億元“……一部分用於基本建設所

①人民中國，1954年第8期。

②人民中國，1955年第1期

③中華人民共和國發展國民經濟的第一個五年計劃（1953—1957）。

需要的資源勘探、工程勘探……”。

毫無疑問，在巨大工業項目建設區調查和天然資源勘探時，將要進行水文地質調查及工程地質調查。完成這些工作，需要有大批的水文地質工作者和工程技術人員，以及其他方面的專門人材。關於這個問題，在李富春同志的報告中談到：“我們在第一個五年計劃和第二個五年計劃中必須完成的重大政治任務之一，就是培養大量的忠實於祖國、忠實於社會主義事業的、具有現代科學知識的工程技術人員……”。

除了調整河流動態外，在中國進行了大規模的防旱工作。五年來，恢復和建立了250個以上的大型灌溉建築；840多萬小型灌溉水渠、蓄水池和水塘；掘井90余萬口。在這一期間內，灌溉面積增加了六千一百萬畝。

因此，近六年來在中國進行的大規模的水文地質和工程地質勘查，是與水工建築、灌溉和供水相聯系的。

在蘇聯，進行水文地質調查是為了許多城市和大型工業企業的供水，同時也是為了設計和建設沃爾霍夫和斯維爾水電站、白海-波羅的海的斯大林運河、莫斯科運河、古比雪夫、斯大林格勒和卡霍夫水電站、伏爾加-頓河的列寧運河、北克里木運河、莫斯科的列寧地下鐵道、列寧格勒的列寧地下鐵道、莫斯科大學和許多其他大型建築物。

水文地質學對正確開採礦床有着巨大的意義。“礦床水文地質學”的基本任務是詳細研究礦床地下水，確定坑道湧水量，制定防止地下水流入坑道中的最有效的措施。如在礦床開採時，地下水大量流入礦山坑道中，或在建築工程施工時流入基坑中；地下水經常在很大程度上使工作進度減緩，這就必須採取與地下水鬥爭的各種措施，結果增加了工作成本。

在中國和蘇聯，突飛猛進的工業，建設新的和擴大現有的城市和居民區，使優質的飲用水和工業用水需要在數量上不斷增加。同時

在今天对飲用水衛生評價的要求，如同需水定額一样，顯著地提高了。

中華人民共和國許多大城市的主要供水水源是地下水。取水結構为鑽孔和淺的坑井。在某些城市中利用地下水的天然露头作为供水水源。例如山东省济南市，根据克雷洛夫^①（М. М. Крылов）的資料，供水是全靠喀斯特化的奥陶紀石灰岩中流出的泉水。

新的工業企業和居民区常位于地表水貧乏的地区。在这种地区水文地質学有特別的意义，它利用最新的科学成就發現和勘探新的含水地質構造和含水層。

在沙漠和半沙漠地区，工業和農業是否發展主要是决定于有水或者沒有水。

在缺乏地表水、或者由于水的礦化程度很高而不适于用作灌溉的地区，要進行大規模的水文地質調查——地下水普查。同时必須記住：灌溉所需用的水量远远超过供水所需要的水量。如果沒有适于飲用和工業用的地下水，为了查明在河谷里修建水庫的可能性，在这种地区有时要進行大規模的水文地質和工程地質調查。用地表水或地下水对沙漠区進行人工灌溉，会使全区变为繁荣肥沃的綠州。

根据格拉西莫夫^②（И. П. Герасимов）院士的資料，在中國地勢較高的地区，普遍利用当地的潛水灌溉。中國广大平原上，密布着大量的淺水井，用驢、騾將井水汲到田地里。这些水井对華东区的農業，有極大的意义。

在前面引用的克雷洛夫著作中指出，根据中華人民共和國水利部的資料，主要是广泛应用淺的地下水進行灌溉。用不深的坑井取水，井的数量超过300万口。在新疆，普遍利用坎兒井（見第九講，§7，圖73）作取水結構，坎兒井数达1000余个。

①克雷洛夫：中國地下水区域描述方法的几个問題，北京地質学院，北京，1955年（原稿）。

②格拉西莫夫：“地理学家在中國的旅行”，新时代（Новое время）1955年第35期。

在天然过度湿润地区中，土壤層和土壤下層往往局部強烈过度湿润，因此形成沼澤区滿布着緻密的沼澤植物或不厚的水層。

在干旱区進行灌溉設計时，必須考慮到該地区土壤复蓋層經常發生鹽漬化的問題。產生鹽漬化的自然原因，常常是地下水埋藏不深（2—3公尺），地下水沿毛細管上升，达到地表；当气温高而空气相对湿度不大时，这些水就从地面上迅速地蒸發，而水中溶解的鹽份就堆積在地面上和土壤的上層里。

土壤鹽漬化的人为原因，常常是由于灌溉水量的增多，而引起潛水位的急剧上升。

在農業灌溉区必須采取降低潛水水位的措施，并做好防止農田將來發生鹽漬化的其他工作。

目前在苏联，为了保証草原和森林草原区的丰收，大規模地進行着营造農田防护林，建設蓄水池和水塘的工作。同时正采取措施，加固分布在頓河、德聶泊沿岸广大地区和里海地区、卡拉沙漠、科澤尔沙漠等地的移动沙；防止土壤的侵蝕（冲刷）、積雪、河灣灌溉等等。所有这些工作都会引起水文地質条件的变化，并要求水文地質工作者参加这些工作。

在中國曾經濫伐过樹林。关于这个問題在涅斯捷魯克〔56〕的著作中談到：“數百年來，中國封建主为了擴大耕作面積，毀滅了曾經布滿全國的大森林，因此旱災和水災常常反复發生。在中國，降雨有时竟連綿數週，水从光禿的山面流入河中；河流發生泛濫，淹沒良田數千頃。例如，1943年的水災，淹沒了二百五十萬公頃廣大的面積。在这次水災中，受災者達四千萬人”。

为了减少巨洪之患，以及个别年代水災所造成的損失，为了在黃河流域縮減地表逕流和減弱侵蝕活动，以及減低泥砂含量，在黃河上游進行着大規模的造林工作。根据中央人民政府的決議，1951年春开始在1500公里長的地帶上造林。該林帶由陝西省的榆林延伸到甘肅省的酒泉。沙由戈壁沙漠向西北各省的黃河灌溉区移动的道路，为此防