

苏联高等学校教学用书

工程地質學

奧柯洛——庫拉克著

地質出版社

工 程 地 質 学

苏联 E. H. 奥柯洛-庫拉克 著

地 質 出 版 社

1956 • 北 京

Е. И. ОКОЛО-КУЛАК
ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА РЕЧНОГО ФЛОТА СССР
ЛЕНИНГРАД 1953 МОСКВА

本書經蘇聯內河運輸部教育總局審定作為水運工程學院教材，同時也可作為地質學院以及與水工建築有關的高等技術學校的教材，除此以外還可供建築工程師、地質工程師和一切從事工程地質工作的人員參考用。

全書共分五篇二十三章，第一篇敘述了地球的構造最主要的造岩礦物及分佈最廣的岩石，並說明了它們在建築上的意義，此外，還敘述了一些用肉眼鑑定礦物與岩石的方法，第二篇和第三篇敘述了地球的內、外力地質作用及它們和各種工程建築物的關係，第四篇比較詳盡地敘述了地質勘查、水文地質勘查及各種建築的專門工程地質勘查方法，最後還論及建築材料產地的普查與勘探。第五篇詳細地敘述了水工建築物（水庫、水壩、運河、隧道、海港等）建築區內的工程地質條件的評價。

本書由北京地質學院水文地質工程地質教研室張介濤、王志剛、陳敏英、盛志浩等同志譯出，其中第十六章為地質出版社汪盛輝同志翻譯。朱小林、張成杰、張偉元、劉耀東、胡廣鎔、王鈺爐及清華大學何高毅、戚筱俊等同志也參加了部分初校工作。第一、二、五篇由張介濤同志校對。第三、四篇由地質出版社左全農同志校對。全書最後由地質出版社吳光輪同志統校。

書號0284 工程地質學 360千字

著 者	蘇聯 Е. И. 奧柯洛—庫拉克
譯 者	張 介 濤 等
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零伍零號
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

印數(京) 1—3600	一九五六年二月北京第一版
定價(8) 2.53元	一九五六年二月第一次印刷
開本 31" × 43" 1/32	印張 17 1/2 插頁 2

目 錄

原 序	7
緒 論 工程地質学的对象	9
第一篇 地球的構造	19
第一章 地球的基本概念	19
宇宙中的地球	19
地球的起源	21
地球的構造与性質的基本概念	23
第二章 最主要的造岩礦物	28
礦物的一般性質	28
最主要造岩礦物的描述	34
礦物的肉眼鑑定	41
第三章 岩石	44
岩石的分類	44
岩漿岩或火成岩	44
沉積岩	67
變質岩	86
在工程地質中岩石的分類	91
第二篇 內力（內營力）地質作用	95
第四章 構造作用	95
第五章 變動	101
第六章 地震	112
第三篇 外力（外營力）地質作用	122
第七章 風化	122
第八章 風的地質作用	127

第九章 流水的作用	135
概論	135
破壞	137
搬運與磨蝕	149
沉積	153
流水的地質作用與岩石的造陸運動及造山運動的關係	157
第十章 海洋的地質作用	161
概述及定義	161
海洋的機械作用	164
海洋的化學作用	169
第十一章 湖泊的地質作用	170
湖泊的概述及其生成條件	170
湖泊沉積	173
第十二章 沼澤的地質作用	174
沼澤的成因類型	174
沼澤沉積	176
第十三章 冰的地質作用	178
由雪形成的冰的地質作用	178
水凍結時直接形成的冰的地質作用	188
第十四章 地下水的地質作用	192
地下水概論	192
地下水的化學作用 喀斯特現象	209
地下水的機械作用 滑坡及崩塌	217
隆起	238
多年（永久）凍土	239
第四篇 確定工程地質條件所必需的勘查	250
第十五章 地質勘查	250
地質測繪	250
勘探工作	261
地球物理勘探方法	277

地質圖与地質剖面圖.....	279
第十六章 水文地質勘查	281
水文地質勘查的任務.....	294
水文地質測繪.....	295
詳細的水文地質勘查.....	299
長期的水文地質勘查及水文地質圖.....	327
第十七章 工程地質勘查	335
工程地質勘查的基本要求.....	335
工程地質勘查的性質与各設計階段的關係.....	337
工程地質勘查中各項工作的特點.....	339
工程地質圖及工程地質剖面圖.....	346
工程地質報告.....	351
第十八章 建築材料產地的普查、勘探及評價	353
建築材料的普查与勘探.....	353
對建築材料產地的評價.....	356
開採建築材料產地的組織工作.....	364
第五篇 水工建築區工程地質條件的評價	367
第十九章 水庫	368
概論.....	368
水庫的滲漏.....	369
水庫邊岸的穩定性.....	376
淹沒与半淹沒.....	378
淤積作用.....	379
水質的變化.....	380
第二十章 壩	381
築壩區工程地質勘查的特點.....	381
建築在火成岩与變質岩上的壩.....	384
建築在沉積岩上的壩.....	386
第二十一章 運河	392
運河沿綫工程地質勘查的特點.....	392

運河的滲漏.....	394
運河边坡的穩定性.....	397
運河上的人工建築物.....	405
第二十二章 隧道	408
概論.....	408
山地压力.....	410
各個岩層的成層順序、它們的岩石成分及物理力学性質.....	414
地質構造.....	417
地下水.....	420
溫度.....	422
天然氣.....	423
第二十三章 港口	424
参考文献	430

原 序

本書係根據水運工程師研究所的教學大綱爲水運系及海港系而編。

本書也可作爲與水工建築有關的其他高等技術學校的學生學習參考用。作者編寫此書的主要任務就是敘述已批准的教學大綱內容中講課的教材，而不包括一些次要問題使其負擔過重。作者竭力以簡單扼要的，易於掌握的方式，敘述學生們所必要的工程地質知識，而刪掉了多餘的章節。

本書按其內容共分五篇。第一篇敘述地球構造的基本概念，描述最主要的造岩礦物和分佈最廣的岩石，並說明它們在建築事業中的意義。同時也敘述了一些在野外用肉眼鑑定礦物與岩石的方法。本書的第二篇和第三篇敘述了地球內力（內部的）與外力（外部的）的地質作用及它們對各種工程建築物的影響。在第二版時，於第三篇中補充了永久凍土帶一章。

第四篇敘述了地質調查的方法及對建築區域或對個別的建筑進行專門工程地質調查的方法。此外，還講到了普查、勘探、取樣及評價在建築工程中不可缺少的建築石料產地的基本知識。

第五篇分析了在各種地質條件下工程建築物的穩定性，並列舉了一些建築實例。

本書特別着重於水工建築物的正常運用與該地工程地質條件之間的關係這一問題。

土力學的知識僅在瞭解本書內容必要的範圍內才提到。

在實行偉大的改造自然的斯大林五年計劃的年代裏，當大力興建

巨型水電站，開鑿航運網，引水運河及灌溉運河，興建新港及其他建築物的時候，在地質調查的領域內向建築者們提出了更複雜的要求，因此，在現階段，工程地質條件的知識，對水工建築物和其他建築物就更為需要。

本書第二版作者在改編本書時認為編寫本書的主要任務不僅是為培養新的建設幹部，同時也為了培養從事實際工作的建設者。

作者

緒 論

工程地質学的对象

地質学 (геология) 这一名詞乃是由兩個希臘字: geo (地球) logos (故事、歷史) 組成的。因此, 从字面上來講, 地質学乃是从歷史觀點來叙述地球的一門科学。有關地質構造的個別概念, 雖然在遠古就已形成, 但作為一門独立的科学來說, 还是在十八世紀末才形成的。

地質学乃是研究地球構造, 組成地球的物質, 動植物化石及改變地球面貌的作用的科学。根據實際的資料, 地質学可以推測出地球自成爲太陽系行星以來的年齡。爲此, 地質学所应用的資料, 就涉及到化学、物理、天文学、自然地理、水文学、植物学及与地質学緊密相連的許多其他自然歷史科学。

自地質学出現後, 於較短的時期內, 便得到了迅速的發展, 因而現在於地質学中又分爲許多独立的科目, 其中主要有以下各科。

礦物学——研究各种堅固均質体 (即所謂的礦物) 的物理和化学性質, 而地球便是由这些礦物所組成的。

岩石学——研究由礦物聚集而成的岩石的構造及成因。

物理地質学——研究形成与改變地球內部構造及其表面形態的地質作用。

古生物学——根據動植物化石, 研究地球上的生物自發生到現在的演變。

地層学或地史学——研究岩石的產狀、分佈、變化及它們在水平方向上及垂直方向上的變化。我們利用地層学与古生物学的資料, 就可以確定各种岩石的相对年代。

地貌学——研究地表形狀 (地形) 的成因及地形与地質結構与形

成這些地形的地質作用之間有着什麼樣的關係。

俄國的地質學家們曾研究過我們遼闊祖國的地質構造，他們曾經在或仍然在北部邊疆地帶的茂密荒林裏，在罕無人跡的裏海以東的沙漠上，在西比利亞西部及蘇聯歐洲南部漫無邊際的草原上，以及在那難以攀登的帕米爾高原上，在天山，在高加索等地工作着。大批的實際資料使我們有可能查明地表及地球內部地質作用的規律。而這些作用，在很早以前，便在天才的俄國學者羅蒙諾索夫所著“論地層”一書中得到了深刻的分析。自羅蒙諾索夫起，便開始了地質調查，而開往我國遠處各個角落去的探險隊的數量也逐年增加起來；雖然與偉大的十月革命以後所進行的調查數量比較起來，他們的數量仍甚微小。

自一九一七年到一九三六年，科學院常任院長卡爾賓斯基（А. П. Карпинский）對地質知識的發展有着很大的貢獻。

卡爾賓斯基的工作是多方面的。他仔細地研究了烏拉爾的地質構造及烏拉爾的金屬礦藏。同時卡爾賓斯基也非常注意岩石學及古生物學，並在這方面編著了許多書籍，而特別重要的是他在關於地殼升降運動方面的研究工作，對地質調查方法的研究工作，以及對俄羅斯地質學的初步綜合工作。

在俄羅斯地質科學的光榮歷史上，與卡爾賓斯基並列的還有以下幾位俄羅斯學者，如：尼基亭（П. В. Никитин）維爾納德斯基（В. И. Вернадский），巴甫洛夫（А. П. Павлов），穆什克托夫（И. В. Мушкетов），古勃金（И. М. Губкин），奧勃魯契夫（В. А. Обручев）等。

最近，又形成了一些新的獨立的地質科目：水文地質學，土質學，土力學及工程地質學。

水文地質學是研究地下水的科學，土質學是研究土的物理性質及化學性質的科學，而土力學是研究在外力影響下土的變化的科學。所有這些科目都竭力為岩石性質提出數字上的指標。

工程地質學利用着這些科目及描述性的地質科目，再加以地球物

理勘探法，便能夠確定興建建築物的工程地質條件及這些建築物由於天然土體的不穩定性而將發生的變形。爲了採取保障建築物穩定性的正確措施，也必須從工程觀點出發來研究並評價下列地質作用：如建築區的水文地質條件及土的物理技術性質等。

因此，工程地質學乃是地質學的一部分。它採用着各種地質科目的資料和方法，來研究地質構造及工程建築區的地質作用，並確定這些地質條件對該建築物可能發生的影響。

工程地質學僅在偉大十月社會主義革命之後才成爲一門實用科學。在這方面，第一個工程地質及水文地質科學院院士薩瓦連斯基（Ф.П. Саваренский）起了很大的作用。他把他整個一生都獻給了工程地質及水文地質事業，並且他諄諄教導我們：爲了正確解決建築物穩定性的問題，就必須利用一切地質科目的資料。以前，地質學家僅僅是確定個別建築物破壞的原因及製定防止劇烈變形的措施的專家。而這種劇烈的變形又多半發生在敷設時不考慮區域地質構造的鐵路上。

因此，只有在不穩定的河岸边坡或在其他非常不利的條件下，設計或興建大型的，極其重要的建築物時才聘請地質學家。此時，地質學家的結論僅具有描述性質，而對那些決定建築物穩定性的岩石性質及地質作用，只作出質量上的鑑定。此外，地質學家對如何進行建築，以及在該情況下那些地質因素具有最大的意義了解得也很膚淺。這樣就更加降低了結論的價值，因爲建築者在這個結論中就常常找不到與他們有關的問題的答案。從另外一方面來說，建築工程師對地質學也只有一個非常模糊的一般概念，以致不能明確而具體地向地質學家提出問題。這樣就使得工程師與地質學家不能互相了解，從而也就不能達到互相幫助的目的。而爲了出色地完成設計工作，設計工作者與地質學家之間的互相幫助乃是決不可少的條件。

在蘇聯偉大的十月社會主義革命之後，建築工作達到了空前未有的規模。各個建築物的面積日益擴大，而建築結構也日益複雜。因此，就要求地質學家們更具體的評定岩石的性質，並尽可能的做出數

量鑑定。爲滿足這些要求，就要在野外及實驗室內進行岩石物理技術性質的試驗研究。從而產生了新的科目——土力學。同時，在進行水文地質調查時也開始注重試驗工作。在實驗資料的基礎上所做出來的工程地質結論是非常具體的，但其精確程度則決定於所作調查工作的精度。現在大的設計機關和巨大的建築工程並非只有幾個地質學家在那裏服務，而是擁有專門組織起來的工程地質部門在那裏工作，同時，這個部門是技術部門所不可缺少的一部分。爲了對小型的建築物進行工程地質調查及解決工程地質上的疑問，亦設立了專門的調查所和調查局，他們進行着綜合性的勘探工作，而工作結果便是一些詳細的報告。

在一些建築學校中也講授工程地質學及土力學，因爲建築者們現在清楚的認識到，在設計建築物時，正確的估計地質條件該是多麼重要。這樣設計就有所提高，事故也在逐年減少，建築成本也在降低，這樣就完全抵補了因進行工程地質及水文地質勘探而消耗的經費。

影響建築物穩定性的地質因素，像地球構造及地表和地球深處所發生的那些作用一樣，是複雜而多方面的。各地的地質因素都有其獨特的特點，因此，就需要進行專門的研究。在這種情況下便不可能有一個刻板的規律，而只能指出建築物破壞的最常見的原因。而所有的措施，像建築房屋，堤壩和運河等，都是破壞土體的平衡或破壞該地地質作用過程的基本原因。因此，爲了保障建築物的穩定性，就必須把土體的破壞降低到最低的限度。我們可將建築物的變形或建築物的破壞，分爲下列四種基本類型。

1. 建築物修建在開工以前便處於運動或不穩定平衡狀態的岩石上。這種情況在山坡上最常見，因爲山坡的土極其緩慢的沿斜坡移動，而這種移動只有藉專門的觀測和專門的研究才能確定。蘇聯的某段鐵路便是這樣的例子。該路是沿着滑動的河岸边坡鋪設的，因此，它總是發生變形並需要不斷的修理，因而大大的增加了經費開支。克里米亞建築物的破壞，黑海沿岸（圖1）及我們蘇維埃其他的各地及



圖 1. 索奇海濱公園廣場及階梯被滑坡破壞的情況

國外各地建築物的破壞都是這樣的例子。在這種情況下，在建築之前，就一定要採取措施，使土體處於穩定平衡狀態。而合理的措施，當然只有藉專門的地質，水文地質與工程地質的勘測方法及長期觀測的方法闡明不穩定的原因後，才能設計出。

2. 建築物使地質作用的正常過程破壞到建築物不能抵抗地質作用的破壞力，或這地質作用原來就強到使建築物在短期內就被摧毀。在築壩時，地表水及地下水的地質作用條件變化得特別厲害。同時，在建築物地基及其附近岩石中所進行的破壞作用，能降低堤壩的堅固性。當堤壩不能承受來自上游的剪切壓力時，則建築物就要移動而發生災難性的決口，而堤壩也就隨之崩潰。為供應奧斯汀城（Аустин）（美國）電力而修建的科羅拉多河（Колорадо）的堤壩便是一個很好的例子。在八年過程中，壩底的岩石一直受着沖刷，結果使堤壩潰決，堤壩中央部分全部破壞，而相鄰的兩部分移動達 20 公尺（圖 2）。

災難之所以發生，就是因為在建壩前沒有充分地考慮到不利的地

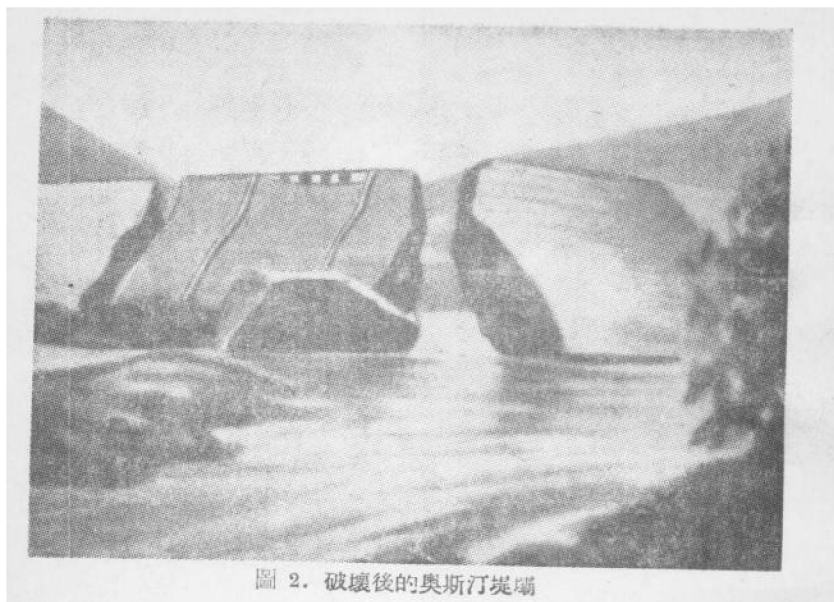


圖 2. 破壞後的奧斯汀堤壩

質條件所致。但是即使在这种情况下，如果对那些逐漸降低建築物穩定性的地質作用加以应有的注意並採取及時的措施的話，那麼堤壩的破壞仍然还是可以防止的。

在某些情況下，即使堤壩與地基銜接得很穩固也可能被破壞，這乃是由於地基岩石的滑動所致。加里包利斯（Галлиполис 美國）附近的俄亥俄河（Огайо）的堤壩便是由於這種原因而在一九一二年的八月八日潰決的。

在相當的地質構造和相當的岩石破壞程度下，水也可能繞過壩身而發生決口。克姆河上的烏日馬急灘附近岸角的潰決，在這一方面的表現尤為明顯。從各方面來看，烏日馬急灘是在克姆河上較好的築壩地址，因而在該地組織了工程地質勘查，但就在勘查的過程中發生了災害性的岸角潰決，其水頭達十二公尺（圖 3）。河流沿着新的河床奔流，因而也就沒有築壩的必要了。如果岸角的破壞作用結束得再晚一點，而其決口發生在堤壩築成之後，則潰決就要帶來更大的損失。

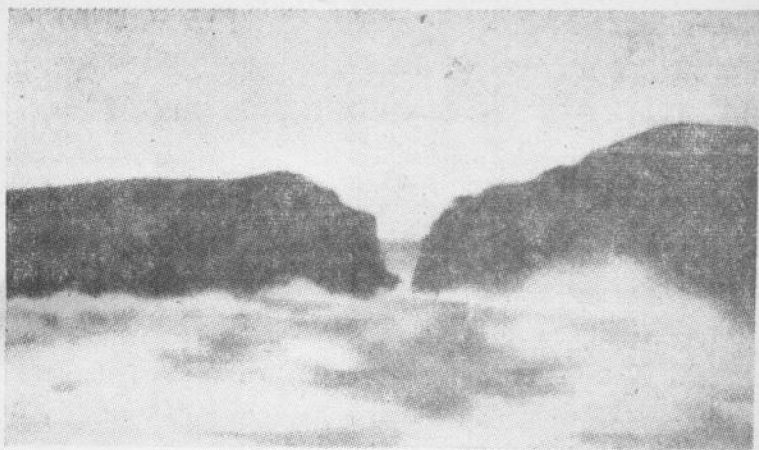


圖 3. 克姆河上的烏日馬急灘附近岸角的冲刷

从這個例子中，我們便可以清楚看出，進行工程地質勘查時應該如何的精細，而工程地質所要解決的問題該是多麼重大。同樣也可以清楚地看出，調查工作不僅要在建築地區進行，同時也应在可能影响建築物的整個區域進行。

3. 建築物下的岩石由於荷重过大而破碎或受到劇烈的压密。在这种情况下我們便可以看到下沉的現象——建築物的沉陷。因為建築物的各個部分所承受的荷重不同及土的結構不同，所以建築物的沉陷一般是不均勻的。如果土所受的荷重遠超过了土的承载力，則在承压面積附近可以看到土擠出的現象。不均勻的沉陷能夠破壞建築物的穩定性，造成裂隙並使建築物傾斜，

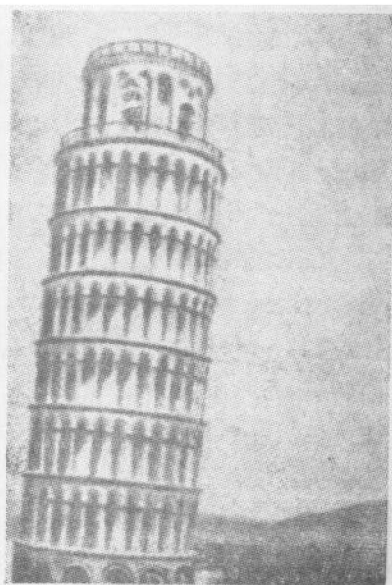


圖 4. 比薩（意大利）斜塔

从而破壞了建築物的結構。

意大利比薩城（Пиза）中，世界有名的斜塔（圖 4）就可以說明沉陷及因沉陷所引起的傾斜可達到多麼大的規模。該塔是从 1174 年到 1350 年間斷續地修建起來的。在該塔僅修到 11 公尺高的時候便開始了沉陷。在 773 年中，54.5 公尺的高塔便从一边沉陷了 3.2 公尺，而从另一边則沉陷了 1.6 公尺，而使塔尖離開垂綫有 4.3 公尺。列寧格勒的伊薩基耶夫（Исаакиевский）教堂的沉陷也是一個極不均勻的沉陷的实例。該教堂的沉陷深度達 30—40 公分，因此，柱子傾斜並產生裂隙。現在，沉陷已經停止。

在某些城市中〔波士頓（Бостон），芝加哥（Чикаго），上海（Шанхай）〕整個城區都在沉陷。

若建築物的結構不牢固，且沉陷很大時，則發生劇烈的變形而最後終於完全破壞，如 1902 年威尼斯的瑪爾克（Марк）聖地教堂的鐘樓便是因此而破壞的。

4. 建築物附近的非穩定的岩石体也是使建築物破壞的原因。在山區我們可以經常看到这种情形，因為在這些地方有巨大的岩塊从陡峭的懸崖及峻峻的斜坡上崩塌下來。巨大崩塌能將其通道上的一切都毀滅，並使工程建築物遭到破壞，雖然這些工程建築物是建築在非常堅固的土上（圖 121 及 122）。雪崩也往往有着很大的毀滅性。

在工程實踐中所發生的事故，大多數都是由於地質條件的不利而引起的。因此，充分的研究地質條件並善於評定這些地質條件對建築物的影响，就可能避免災難性的事故及足以毀滅建築物的巨大變形。而為達到此目的，就必須及時地採取適當的工程措施。从前，許多事故是由於過低的估計了或完全忽略了地質因素對建築物穩定性的影响而致的，而現在，事故之所以發生則是由於勘查不周而致。

美國華盛頓州的安熱羅斯（Анжелос）港的混凝土壩便是由於輕率地對待工程地質問題而造成悲慘後果的实例。該壩是建築在鬆散的、滲透性很強的沖積層上的，並且僅在該壩破壞之後才發現堅固的