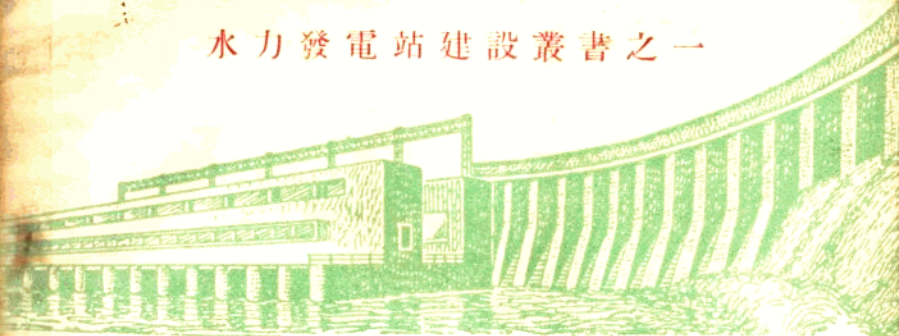


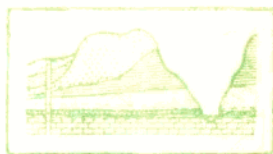
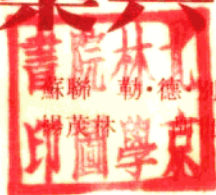
水力發電站建設叢書之一



水力發電站的 建築與地質

蘇聯 勒·德·別雷著

楊茂林 趙士麟譯



燃料工業出版社

源頭版諸電話

1950年8—9月蘇聯最高蘇維埃會議通過了關於在伏爾加、卡霍夫斯克、第聶伯河上修建斯大林時代最偉大的水力工程建築——古比雪夫和斯大林格勒水電站，灌溉伏爾加河左岸、裏海沿岸、南烏克蘭和北克里木地區；關於土庫曼加盟共和國水利工程的巨大綜合建築物，包括着堤壩、灌溉渠、水電站等；以及關於修建伏爾加河——頓河間的運河和關於羅斯托夫與斯大林格勒州的土地等的決議。

蘇聯政府的這些決議標誌着在蘇聯斯大林改造自然的計劃進一步的實現，並表明着利用科學和技術上的一切成就，來為人民謀福利的社會主義制度的創造力量。

在蘇聯除了這些水電站以外，還在許多其他的河流上修建着數以十計的大型和中型的水電站及數以千計的小型水電站。

能勝利地進行所有這些建築物的修建工作在許多方面要依賴於無數的建築工人幹部，他們的準備程度以及建築水電站的工人能正確理解黨和政府寄於他們的高度的責任。

“水力發電站建設工程叢書”的內容包括着修建水電站時熟悉各種工作所必須的基本知識以及關於水力，水電站及其建築物等的基本知識。

國立動力出版社要求讀者，尤其是工人和在各水電站建設工程中的工作人員，將本書中所發現的一切缺點和對本書的希望函知本社，地址：莫斯科水閘河岸街10號。

(Москва, Шлюзовая набережная, д.10)。

目 錄

原出版者的話	
序言	3
第一章 地質學及物理地質現象的概念	6
地球是怎樣構成的	6
岩石是怎樣產生的	15
岩石的產狀是怎樣的	26
岩石是怎樣變老的	33
關於岩石的自述	37
地下水	39
物理地質現象	44
第二章 地質與水力建築	55
岩石——土壤在建築上的分類	55
岩石——土壤的性質和狀態	60
研究土壤的性質和狀態對於水力建築的意義	67
研究物理地質現象對於水力建築的意義	74
研究地下水對於水力建築的意義	80
天然建築材料	83
第三章 地質工作的技術	85
研究岩石的方法	85
鑽探	87
淺井的挖掘法	99
探勘平洞的挖掘法	101
隧道的挖掘法	103
基坑	107
編後語	109

序 言

爲工程師、技術員及大學生們所寫的關於地質學和工程地質學方面的書籍有很多；爲中等學校的學生所寫的這種書籍次之，而爲工人——建築者和工人——勘察者所寫的簡直是沒有。可是工人——建築者和勘察者用的地質學的書籍是很需要的，因爲這種書會有助於提高工人的常識和文化水平，並且可能被工人在實際工作中用作參考。蘇聯工人是國家的主人，他有合法的根據以地質科學爲自豪，因爲現代地質學的科學基礎最初是由俄羅斯天才的科學家——羅莫諾索夫所奠定的。在外國被認爲是地質學創始者的著作，在許多年以前他就解決了許多地質方面的問題，並且對於很多地質現象和地質作用提出了正確的解釋。他的熱烈揭發聖經上關於地球起源和發展的傳說的荒謬性，對於羅莫諾索夫時代是有特殊重大意義的——這是俄羅斯科學家，在科學中不僅何謂止境，何謂邊界的科學家大膽的、可以驕傲的聲明。

羅莫諾索夫的遺產落到了不愧的俄羅斯科學家們的手裏——落到了卡爾賓斯基，巴夫羅夫，奧布魯切夫，爾汗哥爾斯基，維爾那茨基，切爾尼謝夫，菲爾斯曼，莫契托夫，古比金，波里夏克，多古查也夫及許多其他等人的手裏。這些人確是地質科學的偉大創造者，他們在發展地質科學中的作用是不可估價的。

早在上一世紀的 60—70 年代裏，在俄羅斯，傑出的俄羅斯科學家們莫辛克夫、多古查也夫、莫契托夫、巴夫羅夫和其他等人的勞動，就已經爲地質學的新的一部分——工程

地質學奠定了基礎。

在蘇維埃時代由於蘇聯科學家們薩瓦連斯基，哥爾斯也瓦諾夫和許多其他科學家的勞動，使得外國的工程地質學在進一步發展工程地質的過程中遠遠落後了。

現在，在改造自然的偉大日子裏，水力工程的工人和探勘隊的工人應當了解地質學在建設中巨大的意義，尤其是在水力工程的建設。

的確，任何一個建築物都要接觸到土壤，接觸到地下水，也就是說任何一個建築物都要參加到自然的地質環境中，並且作用到這個環境裏。可是自然環境本身也影響建築物——作用於建築物。建築物和自然環境間的這種相互作用總是在建設過程中就已經被工人——建設者所直接地、最密切地感覺到。

不管是否在進行挖掘基坑，是否在修建水泥堰堤的扶壁，是否在安裝導管的拉力鐵塔，是否在修建水電站的機械房，是否在修建隧道或水塔——因為工人建設者到處都在改變着自然，干預自然界的情況，所以就可以學會注意到在這種情況下發生了什麼以及自然界對於人類的這種干預有什麼反應。如果對某個地區研究得不够，就會引起建築物的破壞或損傷，例如隧道的塌陷，壤中水突破到基坑的底，導管的拉力鐵塔的位移，水塔或水渠的個別地區的下陷，巨大土塊坍塌到電站的建築物上，堰堤扶壁沿着岩層裂縫的移動等。可是能以注意到有發生這些現象的可能，因而也就是能够預防這些現象的就是工人——建設者。正是工人在他的工作過程中比工地的其他工作人員能早些發現地質條件中有這種或那種對於建築物是危險的不良特點。但是為此工人就必須要

知道因為什麼才能發生類似這種的危險現象。就是因為這個緣故建築工人就需要很好地熟悉地質學的基礎；建築工人必須熟悉地質學也是因為當他挖掘時總是要遇到岩石的，例如在基坑，隧道，採石場，水渠進行挖掘時以及為各種的建築目的以石、砂、砂礫、黏土等形式使用岩石作為工程材料時總是要遇到的。

建築工人應當知道各種岩石的性質，也就是應當知道岩石的堅實度（對加工的抵抗）岩石的強度在大氣中和各種各樣的外營力的影響下其原有強度的改變，以便能正確地使用岩石的加工方法或者是正確地使用岩石作為建築工程材料。工人、工程師和技術員之間創造性的友誼有助於發現更正確的工作方法，有助於發現更有效的機械的使用方法，結果就會使工程加速進行和降低費用。

工人——探勘者熟悉地質學的程度也並不低，因為他參加地質調查工作並且在開始建設很早以前就研究預計到要建造的建築物所將要處的自然環境。

我們時常有機會聽見在地質調查隊工作的工人談地質工作者的工作，一般他們是這樣說的：“地質工作者是研究土壤的”或者是“地質工作者是調查土的”。

與工人談話時而要想知道這種詞句與“研究土壤”的意識和必要性的觀念是否相連貫，我們在不同的情形下得到了不同的答案。譬如，一些初次到地質調查隊的工人對於他是否知道為什麼必須研究土壤這一問題，他們回答說，不知道。但是已經作過地質工作的工人對於同一個問題他們的回答是：土壤有弱的，在這種土壤上面不能進行修建；也有堅實的，地質工作者進行鑽孔為的是要發現堅實的土壤。在地質調

查隊工作過數年的工人不只是已經知道土壤有強的和弱的，堪用的和不堪用的，而且還會按照不同的性質來區別土壤，還會正確地叫出土壤的名稱。這些工人會對許多地質問題感到興趣，表現很大的求知心，力求多知、多會。大多數這些工人的渴望已發展到成為很迫切的。這種迫切的渴望無疑是證明着地質調查隊的工作對於工人並不是毫無痕跡地過去了，而相反的逐漸成為工人所感覺是有興趣的，有意識的工作。

就是因為這些緣故，我們才有了編寫這本小冊子的這樣一個意願，以將一些地質學中使工人——建設者和工人——勘察者在調查和建設水力工程建築時可能而應當感到興趣的事情簡明地敘述給他們，但這本書，當然不能代替詳盡的書籍或代替地質調查和各種建築工作方面的特殊指南。

第一章 地質學及物理地質現象的概念

地球是怎樣構成的

地質學 地質學還是一門關於地球、關於它的構造、歷史以及在地球內部和在它的表面所發生的各種作用和各種現象的科學。

我們的行星——地球 在很久的年代以前，二十萬萬多年以前我們的地球是由於散漫在太陽周圍巨大空間中的硬質點的集聚而產生的。在那個時候地球是寒冷的固態體，但是後來在它整個以後的歷史發展過程中，由於在地球的深處大量輻射熱的積累，就決定了地球的固體物質的熔化並使得這物質變為火熱的熔體。數百萬年過去了，地球的這些火熱的

熔體區域凝固起來了，而在地球的表面就產生了堅硬的結晶岩石——地殼。最初這個地殼是很薄的，因此就時常破裂並破碎，而熱的熔體就流到它的表面上來。這就是地球上的第一批火山，但它們在外表上與現代的圓錐形的火山毫沒有相似的地方（圖3），因為噴出現象並不是由個別的火山口發生的，而是由長達數百公里的裂縫中發生的。

流出來的熔體經過冷卻就變成了岩石，而地殼的厚度因而就變得愈來愈大了。在地殼下面岩漿，也是在冷卻着但已經是在很重的外膜的壓力下冷卻的。地球上噴出岩和深在的火成岩（深成岩）就是這樣產生的。

在地球蓋以硬殼的時候，地球的大氣中含有從凝固了的熔體脫離出來的水蒸汽達極限的飽和狀態。這些水蒸汽由於冷卻，凝結起來而以駭人的暴雨降到地球上來了。結果，地球的低窪區域就充滿了水，形成了海、洋、湖及河。而地球的高起部分就變成了陸地。與水的同時在地球上就出現了生命。

火成岩後來開始被海浪及水流所衝擊，被河流冲刷、受到風化作用而破裂。這些被破壞了的大部分岩石後來被帶入海洋而就成為產生新的沉積物——海相沉積岩的泉源。

地球上的海並沒有停留在同一地方，海底升高了而在從前有着廣闊水區的地方，產生了大陸和山岳；而陸地區域下沉了並被海水所淹沒。在海底所形成的以及在陸地上所沉積的各種岩石就是這樣在地球表面發展的，而逐漸將地球很厚地包蓋起來。

地殼的構造 若研究地殼構造我們就可以看到，地殼是由極其不同的岩石所組成的：時而是呈現為巨大的結晶岩體

的狀態，時而成為許多層的積層狀態，時而成為截斷上述兩種產物的脈狀，時而成為毫無秩序堆積起來的碎塊狀態。在地殼裏我們可以發現褶皺的，被很厚的一層後來的沉積物所覆蓋的地層；這些褶皺是古代山系的殘留物，並說明着地球在其存在的各別時期裏經歷了嚴重的振動，地殼就疊皺起來而隆起了山峰。在地殼的各層中我們還可以發現在其積存的時期曾生存在地球上的各種動植物的遺留物。由於學者們研究這些發現，就提供了可能建立由很遠的過去至我們的今天有機生命發展的諸階段，並建立各層的相對年齡。這樣一來，地殼中岩石的層疊現象就好像是一本厚書的篇頁一樣，可以用來讀出地球的歷史，也就是說可以讀出在多年來的地質發展過程中地球上所發生的一切。

包括在地殼裏面有趣的事是多麼多！岩石的種類是多麼複雜而不同，有多麼豐富的礦產——煤、石油、礦石、黑色和有色金屬、天然氣體、貴重金屬和礦物等蘊藏在它的深處，埋葬在地殼裏的動植物界是多麼大而奇異，但地殼的厚度只不過是60—100公里。與地球的內部相比較這是一個薄皮，就好像雞蛋皮和整個雞蛋相比那樣薄。地殼幾乎比地球的半徑小100倍，因為從地球表面到地心的距離要超過6300公里。形成這個薄皮的各個時代繼續了很久——數千百萬年。從近代起到最古代，形成地殼各個時代的年齡是這樣計算的。

地球的地殼下部。地球的地殼下部是由很重、密度很大的物質所組成的。這些物質雖然處於半液體的或塑性狀態，但它們的密度比鋼的密度大很多倍。深入到地球的深處而認識我們所不知道的、隱藏在數千公里深處的神秘世界是很難的。

時 代	地球生存時期	各個時代的延續 百萬元
新生代或新時代	第四紀的	1
	第三紀的	70
中生代或中時代	白堊紀的	40
	侏羅紀的	40
	三疊紀的	40
古生代或古代	二疊紀的	35
	石炭紀的	55
	泥盆紀的	40
	志留紀的	80
	寒武紀的	150
太 古 代	前寒武紀的	200

藉以能做這件事情的工具現在還沒有，但是人類的思考能力是無限的並能到處滲透——滲入到離開我們無限遠的星球世界，又滲入到我們的星球中不能接近的深處。科學家們在從事於研究地球構造的時候得到了一個結論，即地球是由數層所組成的。這些層的最上兩層（空氣層和地殼 圖1）我們

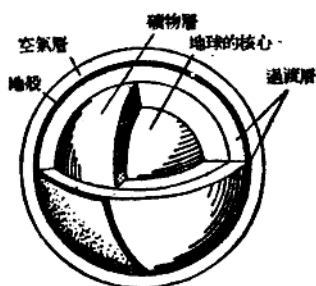


圖1 地球的構造

可以直接觀察，但關於較深的諸層的存在，我們是根據一系列間接的事實來判斷的。最上面的空氣層即有雲彩運動在其中並閃耀着北極光的大氣圈含有氮、氧、氫、水蒸汽等，使得在地球上能有生命。

下一層是岩圈，它包括着我們已知道的，基本上是由複

雜的花崗岩和玄武岩所構成的地殼，其厚度約為 60—100 公里，及地殼下面厚度很大——約 1500 公里的過渡體。地殼的廣大區域（ $\frac{2}{3}$ 以上）是被海水所覆蓋。這個水層叫做水圈。

地殼中的上面諸層即岩圈，是由沉積岩所構成的，其中含有煤、鐵、石油、鹽、氣體以及其他有用蘊藏物。科學家們根據電波在地球體中的傳播和反射作用，以及吸引力的變



圖 2 地球生活的“時間道路”（畫家 E.C 何維列夫斯基作）

化和其他物理現象等確定了：在地殼的較深處存在着變質岩層，變質岩下面是含有大量氧、鉀、鈉、鎂、鈣和鋁的花崗岩。

在 50—70 公里的深處，花崗岩被玄武岩層所代替。在這裏面鈦和磷又代替了鋁。岩圈中較深的過渡體，包含着：氧、矽、鐵、鎂及鈣、鉻和鎳等重金屬。

在過渡體下面有礦物層，這樣叫它是因為它富有鐵、錳及鎳。

在 2900 公里的深處就開始是地球的核心了，它含有鐵、鎳、鉛、鉻、碲、磷及硫等。

地球的上層 在 100 公里以下的深處即在岩圈的上層以下，或地殼下面發生着什麼作用——目前我們還不知道，這個上層本身是發生各種劇烈作用的舞台而且是經常發生着破壞和建設的現象的區域，是大量水的運動區域——一些海洋被另一些海洋所替換，是大陸的移動區，是山岳的產生和消滅區。地球的這個上層可以叫作“生命”和運動帶，因為我們這個星球的過去和將來以及全部有機生命都和它聯系着。

請看一下圖 2。在這個圖上你會看到“時間的道路”其中銘記着我們這個星球的各個發展階段，以及伴隨着各該階段的動物和植物。

假如可以把時間倒轉過來走而沿着“時間的道路”前進以便看一看地球上的生命是怎樣發展的話，那麼經過 50 萬年我們就會遇到第一個人——我們古遠的祖先。在這個時候地球上廣大的面積是蓋着厚的冰層的，然而，紫紅的太陽和現在一樣照耀着無邊的雪原。在那些現在向天空聳立着高加索、天山、阿爾泰、和帕米爾山峰的地方、在那些現在是卡

爾巴特、皮列涅也夫和阿爾卑斯等山脈的地方，地球因為地下的巨響受到過震動，因而就產生了山岳，火熱的流岩流進了谷地，夜間的天空反照了地面火災的紅光。

若沿着“時間的道路”再走 50 萬年 我們就不會再遇到人了。可是在闊葉樹和針葉樹的森林裏，在高山上，在廣大的苔原地區居住着人形的猿猴，巨大的古象、犀牛、河馬、寬額鹿、馬、野牛、牛等；食肉類的有——劍齒虎、獅子、短嘴鬚狗、狼、山熊——所有這一切都是現在我們所知道的畜類的祖先。

要將通過我們星球第三紀時代的這一條“時間道路”走完，我們就需要走很長的時期——七千萬年。在最初的數百萬年裏沿所走過的路程我們還可以看到我們所熟悉的動植物世界，後來我們就會看到我們從未見過的三趾馬，第三紀的空齒古象，無角羚羊，獾和跑動的鳥類。在我們的途中地面上的風景會有無窮的變化——我們由苔原地帶的寒冷原野而會經過生長着扇葉和羽葉的棕樹、月桂樹和無花果、飽含樟腦樹和肉桂樹香味的熱帶森林。

沿“時間道路”再往前走，我們就會走到第三紀和白堊紀的分界線，走到另一個有神秘世界的時代，其中有飛龍——這是有顎齒的鳥，海蛇、滄龍、大龜和鱷魚等。起先我們在途中還會遇到開花的植物，闊葉樹的森林，但是沿“時間道路”走得愈遠，我們遇到的莎草棕羊齒植物和針葉樹的森林就愈多。

再經過四千萬年，也就是從我們開始旅行起一億一千萬年以後我們就會來到地史的侏羅紀的時代。這時我們會看到在空中飛馳着有巨大膜翅的食肉飛龍，在西殼棕森林裏，莎

棕樹上落着奇怪的有羽毛的動物——這是地球上第一批鳥類——很像蜥蜴，又有大牙齒又有大尾巴。我們還會看到海洋佔據很大的面積，這裏面住着蛇形的怪物，我們所熟悉的多骨的魚，在這些海洋裏是沒有的，可是軟體動物非常多。這種動物的骨骼就是我們時常在我們的河岸上所遇到而把它們叫做“鬼指”的。

再走四百萬年後，也就是從我們開始旅行時起一億五千萬年以後，我們就會來到地球另外一個更古的時代邊界所謂三疊紀的邊界。在三疊紀裏“時間道路”會將我們引到地球上氣候乾熱的砂地平原。這時我們會看見海的面積是怎樣在縮小，沙漠的威力是怎樣在籠罩着地球。只是在河邊，沼澤窪地附近棲息着當時在地球上存在的最大的水陸兩棲動物——迷齒龍，鱷魚，龜以及當時最初出現的一些恐龍類，蛇頸龍類和魚龍類。在太陽晒得火熱的砂丘中間，和熱帶森林中的有些地方，我們會遇到出現在地球上最初的熱血動物。在三疊紀裏，我們的“時間道路”同樣要繼續約四千萬年而就會將我們引到地球更古的一個時代邊界——二疊紀的邊界。我們旅行已經延續了一億九千萬年，可是我們的路程還遠得很呢！

二疊紀的道路會將我們引到和在三疊紀裏相同的那種沙漠地區，但是我們會遇到愈來愈多的鹽湖，河是愈來愈少了。只是偶而會遇到樹狀的羊齒植物，木賊類和針葉類的森林，其中住着又醜又大的陸地爬行動物。我們的路程會在寂靜；沒有聲息的寬闊時間範圍內繼續三千五百萬年，那時我們就會聽到由於地球的震動所發生的深沉巨響，我們就會成為重大事件的見證人——地球岩石帶產生的見證人；如烏拉

爾和其他高的山脊的產生，但是這些山脊現在已經為時間的巨掌所消滅了。這些事件就標誌着地球石炭紀的時期，這時沿“時間道路”我們就會看到急劇的水流怎樣從高山流下來而充分地灌溉着長滿羊齒類植物，樹狀的木賊類和蔓草類，極大的舌葉羊齒類植物的巨大森林的平原。這是沉默、可怕的森林；在這些森林裏聽不到鳥的叫聲也聽不見我們所熟悉的熱血動物的叫吼聲。這個偏僻地區曾是巨大蛇形水陸兩棲動物的世界。我們的旅行在石炭紀裏會延續五千五百萬年，也就是從我們邁進“時間道路”的那時起二億八千萬年後，我們就會來到地球泥盆紀時代的邊界。在泥盆紀的時代裏我們的道路會將我們引到缺乏植物的廣大平原，會將我們引到荒野的沒有生命的遼闊大地。只有在深海處我們才會發現甲魚和兩棲魚類，以及在那個時候已經是無脊椎動物界中高級器官的動物界。沿泥盆紀時代的道路走四千萬年以後，我們就會來到地球更古的一個時代——志留紀。沿“時間道路”最初的幾百萬年中我們還可能在海裏遇到甲魚，可是後來就連這些脊椎界中的代表物也會從我們的視界消失。在海裏我們所能發現的只是很多的無脊椎的動物。這些動物的貝殼和骸骨後來就變成了很厚的石灰岩層。在陸地上我們很少會遇到羊齒類和蔓草植物。

在志留紀中沿“時間道路”走八千萬年也就是從我們開始旅行起四億年以後，我們就會來到地球最古的時代——寒武紀。這時在我們面前會出現無生命的遼闊陸地，而只有在海底世界裏我們才會發現各種無脊椎動物的生命。

“時間道路”究竟有多遠呢？我們需要走數億年，可是我們所走的完全是沒有生命的小路，而只有在二十萬萬年以後

我們才會來到我們這個星球的星雲時代。

這樣咱們就認識了我們這個星球生存史，認識了一些動植物是怎樣出現、發展和滅亡的；認識了另外一些種類的、更進化的和高器官動物的產生，認識了氣候、大陸、海洋等的變更，認識了靜止和發生巨大震悍的各個時代。

岩石是怎樣產生的

岩石的種類 包括在地殼成份裏的一切岩石，可以分爲基本的三類：火成岩、沉積岩和變質岩。

我們看一看，因爲什麼這三類岩石有這樣的叫法，因爲什麼一切岩石可以分爲這三類？

火成岩。凡表現是凝固的岩漿都屬於這一種。所謂凝固的岩漿是指着包含在地球內部而且是處於高溫和高壓的作用下的物質。這種岩石還可以叫做基岩，因爲它們是處於一切其它在地球上後來所產生的岩石下面。這樣一來，火成岩就好像是其它岩石的基礎。火成岩中還分爲深成岩和噴出岩；前者是尙未到達地球的表面就在深處凝固起來的岩石，後者是在地球表面上凝固起來的岩石。

花崗岩是深成岩的典型代表物。屬於噴出岩的有安山岩、玄武岩和很多其它這類的岩石。

沉積岩。沉積岩這是由水和空氣中沉積下來的岩石。這種岩石還可以分爲碎屑岩，如黏土、砂、砂礫、卵石和其它；化學的，如岩鹽和有機的，如石炭。

變質岩。變質岩或稱變成岩，這是由火成岩或沉積岩經過變化而產生的，同時一種岩石變成爲另一種岩石的這種變化是由於壓力或高溫作用的結果而發生的。例如大理岩就是

由於大的壓力而變化了的石灰岩；結晶片岩同樣就是由於大的壓力而變化了的黏土岩以及其它等等。

地質作用和地質現象。我們怎樣能知道，一些岩石是由於岩漿的凝固而產生的，另外一些是因為由水和空氣中的沉積作用，第三一些是由於火成岩和沉積岩的變化等而產生的。

我們能知道這一些，首先是通過研究地球上現在所發生的地質作用和地質現象。

我們知道，在降雨、降雪或降雹時，在閃電截割天空或是暴風雪在庭院裏怒吼時，那麼就說這是大氣作用或說是大氣現象。與岩石的產生、破裂、變化或移動等有聯系的這些現象和作用就叫做地質的或物理地質的現象和作用。

火山現象，岩石的破裂作用，破裂的產物之攜帶和沉積作用以及由這些產物在另一種條件下而形成另一種岩石等的作用都是屬於能使我們判斷各種岩石的起源的現象。

火 成 岩

當我們觀察噴出流動劇烈的岩流的火山作用時，我們就可以看到這種岩流怎樣在凝固和怎樣在變成爲冷固的石頭。我們就是這樣來斷定地球之任何地區產生類似這種石頭或這種岩石的歷史。也就是說，當我們研究現代的活火山而看到由火山噴出的流岩怎樣形成岩石，然後在古老的、已經息滅的火山附近找到同樣的岩石，那麼我們就可以猜想到這些岩石也是按同樣的步驟形成的。若研究這種火成岩的內部構造，我們就可以看到這種火成岩是由較大或較小而彼此結合很緊的晶粒組成的。