

# 地下水有關的地質特徵

## 識別與地下水有關的各種地質特徵

地下水及其行為可以產生多種共同特徵。本節將討論其中的一些功能，包括喀斯特地形-喀斯特的地形和位置，間歇泉-導致喀斯特地形的原因以及它們的工作方式，以及彈簧-不同類型的彈簧及其工作方式。

## 你會學到什麼

- 了解和識別與喀斯特地形有關的特徵
- 確定與間歇泉形成有關的過程
- 確定與不同類型彈簧有關的過程

本節的包括以下內容：

- 岩溶地形
- 間歇泉
- 斯普林斯
- 自檢：地質特徵

## 岩溶地形

### 介紹

縱觀整個世界，**喀斯特**地貌的變化不一，從在美國中部地區發現的點綴著坑洼的起伏丘陵到在熱帶地區發現的鋸齒狀丘陵和頂峰喀斯特。所有喀斯特地貌的發展都需要存在能夠被地表水或地下水溶解的岩石。

喀斯特描述了一種獨特的形貌，其指示該術語**溶解**通過地表水或地下水可溶性岩石底層（也稱為化學溶液）。儘管通常與**碳酸鹽岩**（石灰岩和白雲巖）相關，但其他高度可溶的岩石（如蒸發岩（石膏和岩鹽））也可以雕刻成喀斯特地貌。

了解洞穴和岩溶非常重要，因為地球表面的 10% 都被岩溶景觀所佔據，並且全世界四分之一的人口都依賴於岩溶地區的水。儘管喀斯特地勢最豐富於存在碳酸鹽岩的潮濕地區，但喀斯特地形卻發生在溫帶，熱帶，高山和極地環境中。喀斯特地貌的規模範圍從微觀（化學沉澱物）到整個排水系統和生態系統，涵蓋數百平方英里和寬廣的喀斯特高原。

儘管岩溶過程雕刻出美麗的風景，但由於水流速度相對較快以及缺乏自然過濾系統，岩溶系統非常容易受到地下水污染的影響。這使當地的飲用水供應受到污染的風險。在 1980 年代中期，肯塔基州鮑靈格林（Bowling Green）人口稠密地區的山洞氾濫，導致工業廢物洩漏到龐大的地下裂隙系統中，污染了當地井中的地下水。由於城市擴張，美國每年花費數百萬美元來修復對在不穩定的喀斯特地表上建造的道路，建築物和其他結構的破壞。

## 喀斯特地形

岩溶地貌的發展程度因地區而異。喀斯特地區的大型排水系統可能同時具有河流（地表）和喀斯特（地下）排水成分。如引言中所述，**岩溶**一詞描述了一種獨特的地形，表明地表水或地下水**溶解**了下面的岩石。

雨水或雪水會滲入水中，並滲入土壤中。水會變成弱酸性，因為它會與大氣和土壤中自然產生的二氧化碳發生化學反應。這種酸被稱為碳酸，是使碳酸飲料味道濃烈的同一化合物。雨水在土壤和岩石中的重力作用下向下滲透。移動的地下水中的碳酸沿節理，裂縫和層理面的表面溶解基岩，最終形成洞穴通道和洞穴。

石灰石是一種沉積岩，主要由方解石形式的碳酸鈣組成。雨水通過以下反應溶解石灰石： $\text{方解石} + \text{碳酸} = \text{溶解在地下水中的鈣離子} + \text{溶解在地下水中的碳酸氫根離子}$ 。

在土壤和基岩中相互連接的裂縫和接縫允許水到達土地表面以下的區域，在該區域中所有裂縫和空隙均被水完全充滿（也稱為飽和）。該富水區稱為飽和區，其上表面稱為**地下水位**。土壤或基岩中的空隙空間（充滿空氣或水的空間）的體積稱為**孔隙度**。給定體積的土壤或岩石中的空隙比例越大，孔隙率越大。當這些空隙相互連接時，水或空氣（或其他流體）會在空隙之間遷移。因此，據說土壤或基岩是**可滲透的**因為流體（空氣和水）很容易穿過它們。滲透性的基岩形成了一個很好的含水層，是保持並傳導水的岩石層。如果流經下面的可滲透基岩的地下水是酸性的，而基岩是可溶的，則可以形成獨特的地形類型，即岩溶地形。

我們的動畫的第一部分顯示了由於水的向下運動，岩石的溶解以及河流中沉積物的大量輸送而形成的喀斯特地貌的演變。在厚厚的大量石灰石的熱帶地區，鋸齒狀的山丘和狹窄的峽谷構成了引人注目的獨特景觀，完全佔據了主導地位。溶液沿裂縫和節理的運動侵蝕基岩，留下石灰岩塊作為孤立的尖頂或尖峰。尖峰的範圍從幾英寸高的小特徵到幾英尺高的中間形態到幾百英尺高的大尖峰。除了蝕刻尖峰和殘留的山丘之外，流動的水片還向下傾斜的表面移動，從而形成了多種蝕刻的表面特徵。我們的計算機動畫顯示了主要的地形，例如尖峰，圓錐和塔樓，

我們的紙模型代表了另一種類型的喀斯特地貌，例如在肯塔基州中南部，佛羅里達州北部和田納西州中部的高地邊緣上發現的石灰岩平原，其中**杜林**岩溶是主要特徵。**Doline**岩溶是分佈最廣泛的岩溶景觀類型。景觀上點綴著多個**坑洞**（虛線），坑洞的數量和大小可能相差很大。對於肯塔基州中部的**Sinkhole**平原，在**153**平方公里的面積上每平方公里大約有**5.4**個水坑。在佛羅里達州北部，每平方公里在**427**平方公里的面積上幾乎有**8**個污水坑（**White**，1988年，表**4.1**，第**100**頁）。

以塌陷或漏斗為主的岩溶地形通常具有幾個不同的表面特徵。我們的紙模型顯示了通常與喀斯特地形有關的特徵。污水坑（也稱為漏斗）是通過以下方式形成的表面凹陷：**1**）基岩的溶解形成碗狀凹陷，或**2**）由基岩溶解形成的淺洞塌陷。這些污水坑或淺盆地可能充滿形成湖泊或池塘的水。溫泉是地下水湧出地球表面的地方。**消失的溪流**是由於流入或滲入地下而突然終止的溪流。溪流消失是地表排水中斷的證據，因此表明存在地下排水系統。**洞穴入口**是地球上的自然開口，足以讓一個人進入。洞穴可能反映了複雜的地下排水系統。

*\*數字四捨五入到最接近的公里*

#### 美國最長的洞穴的簡要清單

| 名稱         | 位置    | 距離映射  |
|------------|-------|-------|
| 猛mm洞-火石嶺系統 | 肯塔基州  | 500公里 |
| 寶石洞        | 南達科他州 | 118公里 |
| 風洞         | 南達科他州 | 73公里  |
| 男修道士孔系統    | 西弗吉尼亞 | 68公里  |
| 費希爾嶺洞穴系統   | 肯塔基州  | 64公里  |

## 洞穴包含什麼？

流動的水可能以物理方式或化學方式將地球上的物質運入並通過洞穴。洞穴由於形成洞穴的物理和化學過程而具有有趣的特徵。在這些特徵中，有由洞穴天花板坍塌形成的岩石**破裂塊**。還可以看到沉積物中含有巨石，沙子，淤泥和粘土，這些沉積物是由流入和穿過洞穴通道和管道的水沉積而成的。**造血原**是通過滴水或流水從基岩中蝕刻出來的不規則或獨特的碳酸鹽岩形狀。在基岩的化學成分不均勻的地方會形成**成蟲**。因此，隨著時間的流逝，溶解度較低的岩石比相鄰溶解度較高的岩石溶解得更慢。溶解度較低的岩石往往會浮雕，並從洞穴的牆壁和天花板突出。

遠離洞穴的入口，洞穴通常會在很長一段時間內提供相對恆定的溫度和濕度。因此，洞穴為礦物化學沉積提供了理想的環境。當充滿溶解的碳酸鹽的水滲入充滿空氣的洞穴通道中時，它可能會向洞穴大氣中損失過量的二氧化碳，或者水本身可能蒸發，從而導致滴水從溶液中沉澱出次級碳酸鹽或其他礦物質，從而形成洞穴結構或**洞穴堆積物**包括錐形**鐘乳石**，**石筍**，**鈣板**或邊緣石或其他有趣的形狀。喀斯特地區的洞穴通常有鐘乳石（類似冰柱的化學石灰石塊），它們懸掛在洞穴的天花板上，而堅固的石筍則從洞穴的底部伸出。鐘乳石和石筍可以長幾英寸到幾英尺。有時，滴水會順著牆壁流下，並流到洞穴底部，形成流石或邊緣石沉積物。在滴水從接縫處滲入然後滴落到壁架邊緣的地方，形成了被稱為布的高度複雜的沉積物。滴水和流石的顏色來自表面帶入的有機和/或氧化鐵化合物，使蛇麻草呈橙色棕色，或者由於鐵和錳的氧化物和氫氧化物的存在而使蛇麻草呈深棕色或黑色。

## 地下生活是什麼？

一些科學家對洞穴生態學以及洞穴動物如何與洞穴**小氣候**相互作用感興趣。洞穴中發現的動物包括從地面居住的動物（如偶爾使用洞穴的浣熊）到專門適應洞穴中生活的動物（**穴居人**）。穴居人無法在洞穴外生存。這些動物可能包括諸如無眼魚和小龍蝦，甲蟲，扁蟲和其他不尋常類型的昆蟲等多種動物。這些動物中有許多失去了身體的色素沉著，顏色為白色或透明。儘管洞穴環境看起來很穩定，但變化確實可以發生。洞穴的溫度因入口附近的空氣流動和進入洞穴的水溫而變化。實際上，有些洞穴有自己的氣象系統，由於入口和內部通道之間的溫度和壓力差，它們會產生風。

許多動物，例如蝙蝠，洞和 **pack** 鼠，都會定期探望，撫養牠們的幼崽或在洞穴中冬眠。這些動物被稱為 **trogloxenes**。洞穴可以支撐大量不同類型的蝙蝠。蝙蝠可能是食蟲和植物傳粉媒介，對人類和生態系統是最有益的動物。小棕蝙蝠在一小時內可以吃掉 **600** 只蚊子，從而完成了“天然殺蟲劑”的工作，有助於控制農作物害蟲和其他昆蟲。肯塔基州的猛 **mm** 洞-火石嶺系統是世界上最廣

泛的洞穴系統，擁有 43 種哺乳動物，15 種爬行動物，19 個兩棲動物和 3 條魚類的生物多樣性。1981 年，聯合國將猛 mm 洞國家公園指定為世界遺產。點擊此鏈接可獲得出色的效果[猛 mm 洞地區](#)和美國國家公園系統中發現的其他洞穴的[摘要](#)。

1988 年，美國通過了《聯邦洞穴資源保護法》，該法保護和保護了在聯邦土地上發現的所有重要洞穴，供後代美國人使用。

## 對我有什麼用？

知道喀斯特地貌的位置可以幫助城市和城鎮規劃者以及各個土地所有者做出關於在哪裡建造房屋和其他建築物的決定。這些信息可以為城市在不穩定的喀斯特地形上建造的建築物節省上千美元的維修費用。

喀斯特溫泉為數百萬人提供飲用水。了解喀斯特地形和地下排水系統中的水流對於保持良好的質量和安全的飲用水很重要。地下水污染是喀斯特地形的主要問題。

洞穴為休閒提供了場所。儘管位於國家公園的大多數洞穴都受到保護，但全國範圍內有 200 多個商業表演洞穴向公眾開放。娛樂性探洞已成為一種流行的愛好。美國國家洞穴學會在全國範圍內擁有約 20,000 個活躍會員。

保存在洞穴中的沉積物可以告訴地質學家過去的氣候。在洞穴中發現的化石和人工製品可以幫助地質學家和考古學家弄清該地區的史前歷史。

洞穴支持地球上未見的獨特的細菌，真菌和動物群落。

## 問題

- 為什麼洞口經常有風？
- 在地下水位上方的干燥環境中會形成大洞穴嗎？
- 在地下水位以下或上方的洞穴中會形成諸如鐘乳石和石筍等滴水石特徵嗎？為什麼或者為什麼不？
- 地下水位是否始終保持水平？
- 一個人應該獨自探索一個山洞嗎？
- 一個人應該在污水坑附近蓋房子嗎？
- 一個人應該收集鐘乳石和石筍嗎？

- 一個人應該收集居住在洞穴中的動物嗎？

## 間歇泉

間歇泉，噴氣孔（也稱為 *solfataras*）和溫泉通常出現在年輕的火山活動地區。地表水通過地球表面以下的岩石向下滲透，到達岩漿儲層周圍的高溫區域，這些區域活躍或剛剛凝固但仍很熱。那裡的水被加熱，變得不那麼稠密，並沿著裂縫和裂縫回到地面。有時，這些特徵被稱為“垂死的火山”，因為它們似乎代表著火山活動的最後階段，因為岩漿在深度處冷卻並變硬。

### 間歇泉



圖 1. 懷俄明州黃石國家公園的老忠實間歇泉。

受熱的地下水可能會被困在岩石內的空間中。隨著更多的水滲入空間，壓力逐漸增加。當壓力變得足夠大時，水就會從裂縫或薄弱處突然湧出地面。這被稱為間歇泉。當水從地面噴出時，壓力釋放。然後會收集更多的水，並且壓力會再次增加。這導致另一個噴發。

**Old Faithful**（圖 1）是世界上最著名的間歇泉。間歇泉每天 **90** 分鐘如實地噴發。在每次噴發期間，它可能釋放多達 **30,000** 升的水！

間歇泉可以提供突然釋放的地下能量的壯觀展示，但其機理尚未完全了解。據推測，大量的熱水將填充地下洞室。當水進一步加熱時，當其中的一部分突然閃蒸成蒸汽時，會猛烈噴出。例如，在黃石國家公園的“老忠實間歇泉”中，該週期可以有規律地重複進行，平均每 **65** 分鐘噴發一次。

## 噴氣孔

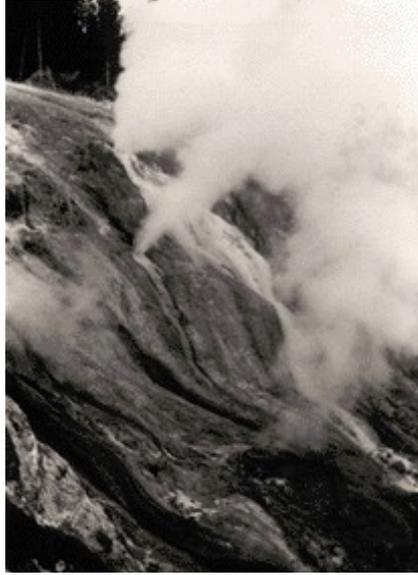


圖 2.懷俄明州黃石國家公園諾里斯盆地的黑咆哮者蒸汽噴口（噴氣孔）。

散發著蒸汽和其他氣體的混合物的噴氣孔在到達地面之前，先經過地下水位的管道進給。硫化氫（ $\text{H}_2\text{S}$ ）是一種由富馬酚產生的典型氣體，易於氧化成硫酸和天然硫。這解釋了在許多熱區中強烈的化學活性和顏色鮮豔的岩石。

## 溫泉

溫泉發生在地球表面與地下水位相交的許多熱區。溫泉的溫度和排放速率取決於多種因素，例如水在地下通道系統中循環的速率，在深處提供的熱量以及熱水在附近區域被冷地下水稀釋的程度。表面。

## 湧泉

在某些地方，含水層的頂部可能足夠高，可以與地面接觸。這通常發生在斜坡上。水從地面流出，並產生彈簧。春天可能只是細流，也可能是大水。

春季從地面流出的水可能會下坡並進入溪流。如果來自泉水的水不能順流而下，它可能會擴散開來形成池塘或湖泊。在沙漠中，唯一可靠的水可能來自泉水（圖 1）。春天可能使野生動植物棲息在一個無法居住的地區。



圖 1.利比亞的一個湧泉創造了一片沙漠綠洲。

## 自流泉

有時，含水層是封閉的。密閉的含水層被困在兩個不可滲透的岩石層之間。頂部岩石層的壓力迫使水流出，到達含水層到達地面的位置。自然流到地表的水是自流泉。如果人們在受限的含水層中鑽一口井，水可能會在沒有幫助的情況下流到地表。這是一口自流井（圖 2）。



圖 2.這條自流井為德國的美泉宮提供水。

## 礦泉和溫泉



圖 3. 黃石國家公園的牽牛花池是一個礦泉。

有些泉水含有礦物質。當岩石通過孔隙滲入時，地下水將礦物質從岩石中溶解出來。一些溫泉中的水很熱，因為它被岩漿加熱了。許多溫泉也是礦泉。那是因為熱水比冷水可以溶解更多的礦物質。

黃石國家公園的溫泉很熱，含有溶解的礦物質。牽牛花池（圖 3）具有溶解礦物質的鮮綠色。沿邊緣是厚厚的橙色細菌墊。細菌利用熱水中的礦物質製作食物。