



# 古羅馬建築堅固 石屎自己補裂痕

## 科學講堂

我們不時會聽到建築物日久失修，以致混凝土剝落，對住戶以至路人帶來危險。反觀不少古羅馬混凝土建築卻堅固耐用，究竟是為什麼呢？今次就與各位分享一下近期相關的發現。

### 碎石水泥再加水 硬化形成新建材

古羅馬帝國發展蓬勃，版圖遼闊，古羅馬人也熱衷於興建各種混凝土建築物作不同用途。位於意大利羅馬的萬神殿（Pantheon）於公元100多年重建完成，至今已矗立近兩千年，仍有成千上萬遊客前往參觀；一些古羅馬時代建設的引水道，今天還在為羅馬提供淡水；更有不少混凝土建築用於船塢、水渠，每日面對海浪、污水的衝擊，但仍能保持完整。古羅馬人製造混凝土，是否有什麼秘訣？



◆ 混凝土俗稱「石屎」，主要由碎石、水泥和水，再加上適當的化學添加劑混合而成。圖為混凝土防浪構件。 資料圖片

先來認識一下什麼是混凝土。混凝土俗稱「石屎」，主要由碎石、水泥和水，再加上適當的化學添加劑混合而成。一般來說，碎石就好比混凝土的骨幹，由大小不一的石塊以至沙粒組成。水泥的主要成分為矽酸鈣，會與水發生化學作用，先是變成黏稠的狀態，然後再慢慢硬化，將附近的碎石連結成堅硬的材料。添加劑則藉由加入其他的化學材料以優化混凝土的特性。

#### 曾以為關鍵是火山灰

一直以來，科學家們認為古羅馬耐用堅

固的混凝土，跟意大利波佐利（Pozzuoli）出產的火山灰有關。普遍來說，火山灰的成分會與水泥發生化學作用，增強混凝土的強度、防水度等。古羅馬帝國對波佐利的火山灰極度重視，會將這種重要的材料運往帝國各個角落作建築之用。



◆ 現今位於意大利羅馬的萬神殿建於公元100多年，迄今已近兩千年。

資料圖片

### 估計有加生石灰 高溫促化學作用

一個包括美國、意大利、瑞士等多國研究人員的國際團隊，剛於本年初發表了新的發現。在顯微鏡之下，我們可以看見古羅馬混凝土中充滿石灰碎屑，這些碎屑大約幾毫米大小，之前一直被認為是混凝土製作不夠完善的結果。這次的研究，卻發現這些石灰碎屑，原來有修復混凝土的功能。

研究團隊在混凝土樣本表面製造裂縫，再讓水從裂縫中流過。結果兩個星期後發現，依照古羅馬方法製作、充滿石灰碎屑的混凝土樣本，那些裂縫竟然能自行修復，以致水分不能再次流過；用現代方法配製的混凝土之上，卻沒有這種自我修復的現象出現。

研究人員猜想，這些石灰碎屑是混凝土較弱的部分，因此每當混凝土受壓，微小的裂縫會先於這些碎屑部分出現。不過，

這些部分的石灰就可以馬上和附近的水分和材料發生作用，產生出新的混凝土將裂縫修補，使得裂縫不會繼續蔓延開去。

研究人員估計，有別於一般使用的熟石灰，古羅馬人在製作混凝土的時候，應該有用到生石灰。較為活躍的生石灰，會在製混凝土的時候產生較高的溫度。如此的高溫有兩個好處：一來一些化學作用只在高溫的環境下才能進行；二來高溫可以加快混凝土中化學作用的進行，讓混凝土更快地形成強度。

混凝土的成分複雜，其中有許多不同的化學作用，因此相關的研究並不容易。所幸今次在多國研究人員的合作之下，增進了我們對混凝土的認識。今次的故事也提醒了我們，現代的技術不一定比古代的優勝；古羅馬的混凝土，正是一個很值得我們學習的例子。

◆ 杜子航 教育工作者

早年學習理工科目，一直致力推動科學教育與科普工作，近年開始關注電腦發展對社會的影響。

## 集合有多少個？

### 奧數揭秘

這次談的題目和集合的概念有關。講起數字的集合，簡而言之就是一些數，比如{2, 3, 4}，就是一個有數字2、3和4的集合，這些2、3和4，就叫做這個集合的元素。這個集合有3個元素，這個3可稱為這個集合的基數，或者易明白的稱呼為元素個數。

集合裏部分元素組成的集合，稱為這個集合的子集，例如{4}和{2, 3}就是上述集合的子集。這些簡介足夠大家理解下邊的題目了，若是要正式一點的說法，在網上很容易找到的，也不用詳述了。

問題：設S為集合{1, 2, 3, ..., 7, 8}的子集，使得S當中的最小元素，等於S的元素個數。那麼這樣的S有多少個？

答案：考慮S的元素個數為1, 2, 3, ...的情況，嘗試依次分類討論。  
1個元素時，只有{1}這1個。  
2個元素時，有{2, 3}, {2, 4}, {2, 5}, ..., {2, 8}，共6個。  
3個元素時，最小元素為3，其餘在4至8之中，任意選2個，有 $C_5^2 = 10$ 個。  
4個元素時，最小元素為4，其餘在5至8之中，任意選3個，有 $C_4^3 = 4$ 個。  
若果有5個元素，則依次為{5, 6, 7, 8, 9}，但集合內沒有9，所以最多只有4個元素。因此符合條件的集合共有 $4 + 6 + 10 + 4 = 24$ 個。

題解裏沿着元素個數的大小，由小至大討論，用上了列舉和組合數去找，於是分類討論之中，只談到三四類，就講完所有情況，然後就求到了總和。這題在奧數來說，算是比較容易的，不過初接觸時，可能由於課內較少談及集合的概念，看着題目會比較陌生，容易想一會就放棄了。

這些說子集條件的題目，開始時找幾個具體例子，了解一下有什麼符合條件，有什麼集合又不符合條件，也是加深理解的好方法。比如說，隨便找個子集，好像{4, 5, 6}，最小元素是4，但元素只有3個，那就不是S那一類。又想想怎樣調理這個集合，比如加入個7字，變成了{4, 5, 6, 7}，這樣最小元素也是4，這次就剛好有4個元素了，就屬於S那一類。

這些由具體例子出發，由一個到幾個，由符合條件到不符合條件，由列舉到用上組合數或加法乘法，這些反覆摸索之間，會漸漸看得清楚題目裏條

件的意思，從而在例子之中，找到一些較抽象的特徵，然後就容易找到較快的方法，而不只是一直列舉出來。

平常在做數學題的時候，事後反省之中，明白什麼樣的探索方法，是可以在日後的解題探索之中多些應用，可以令到之後解題時，多一點思考方向。有些是較具體的指引，比如做組合數學的題目，由列舉時開始畫圖畫表來表示，然後引入加法乘法，再在乘法之中，看看可不可以引入排列數和組合數來加快計算過程，這些也是常見的思路。較抽象的解題探索思想方面，就是由具體例子到抽象特徵的思路，從條件的正反面，或者命題的正反面看問題之類。

做一題數，做完之後，能找到多少線索，可以令日後做數多一點點指引，是不時要思考的事情。有時簡單地找到了多一點點心得，日後得着可以很豐厚的。

◆ 張志基

簡介：奧數於1995年成立，為香港首間提供奧數培訓之註冊慈善機構(編號：91/4924)，每年均舉辦「香港小學數學奧林匹克比賽」，旨在發掘在數學方面有潛質的學生。學員有機會選拔成為香港代表隊，獲免費培訓並參加海內外重要大賽。詳情可瀏覽：www.hkmos.org。



## 幼童繪畫比賽 畫出減碳行動

### 綠得開心@校園

氣候變遷、環境污染及碳中和等議題愈來愈受人關注，要怎樣實踐低碳生活，亦成為全民甚至幼兒的必修課題。為此，港燈特別針對幼童推出環保教育活動冊《減碳ABC》，透過故事及一連串活動，帶出減碳的重要性，以及幼兒也可做到的減碳行動。

《減碳ABC》由港燈夥拍著名插畫師 all things bright and beautiful 出版，專為3歲至8歲幼童而設計。《減碳ABC》以兩位主角「綠寶」和「小智」的減碳旅程出發，讓幼童透過故事及親子遊戲，學習減碳和環保發電的知識。

除了推出活動冊外，港燈更舉辦一系列為親子、師生而設的環保教育活動，藉此深化減碳的重要性。早

前，港燈與香港青年協會家長全動網及可持續發展部合作舉辦家長講座及親子工作坊，協助家長有效運用活動冊，並與子女一同參與環保任務。

學校方面，港燈邀請綠腳丫親子讀書會創辦人何佳列為老師提供教學工作坊，強化幼師對環保教育的認識，吸引近百名老師參與。港燈工程師更到訪校園進行讀書工作坊，透過故事及遊戲，啟發幼童的環保意識和創造力。

為鼓勵孩童閱讀活動冊後發揮創意，港燈舉辦《綠寶與我的低碳生活》繪畫比賽，邀請小朋友描繪日常生活中的減碳行動，幫助香港實現碳中和。入圍及得獎者除可獲得豐富獎品，例如冠軍可贏得高達\$3,000書券及獎杯，特設的「網上最高人氣獎」可獲得\$1,000書券及獎杯，作品更有機會於本年4月作公開展出，並製成不同的宣傳物品，推廣低碳生活。

### 「綠寶與我的低碳生活」繪畫比賽

組別：幼兒組（3歲至6歲）及初小組（7歲至9歲）

獎項：  
• 所有參加者均可獲得電子證書一張。  
• 每個組別均設有冠軍（一名）、亞軍（一名）、季軍（一名）、優異獎（十名）、網上最高人氣獎一名及最積極參與學校獎（按作品總數，一名）。  
• 入圍及得獎作品將有機會於4月作公開展出，並製成不同的宣傳物品，推廣低碳生活。

更多有關提交方法及作品規格等資訊，可參閱比賽海報及掃描二維碼了解更多。

截止日期：2023年2月24日（星期五）

查詢電話：3143 3727

查詢電郵：happygreen@hkelectric.com



參加「綠寶與我的低碳生活」繪畫比賽

參閱《減碳ABC》



◆ 港燈綠得開心計劃，致力透過多元化活動，協助年輕一代及公眾人士培養良好的用電習慣、多認識可再生能源和實踐低碳生活，目前已超過五百間全港中小學校加入「綠得開心學校」網絡。有關詳情，歡迎致電3143 3727或登入www.hkelectric.com/happygreencampaign。