

【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

社會組 科學文章表單

文章題目：高爾夫球上的隱形跑者

文章內容：

三秒快問快答

請說出你對高爾夫球的第一印象！

三、二、一，時間到。

經過作者不負責任的實測，大概有七成的人會說「白色」，而另外三成則會說「有凹洞」。

是的，「坑坑洞洞」的高爾夫球就是我們今天的主題。

仔細觀察，不難發現上頭有無數個像隕石坑的洞，樣貌很是怪異。

其實這個設計的目的很簡單，就是坑坑洞洞的高爾夫球可以飛的更順更遠。至於為何可以飛的更遠，那就要問問高爾夫球表面的空氣了！



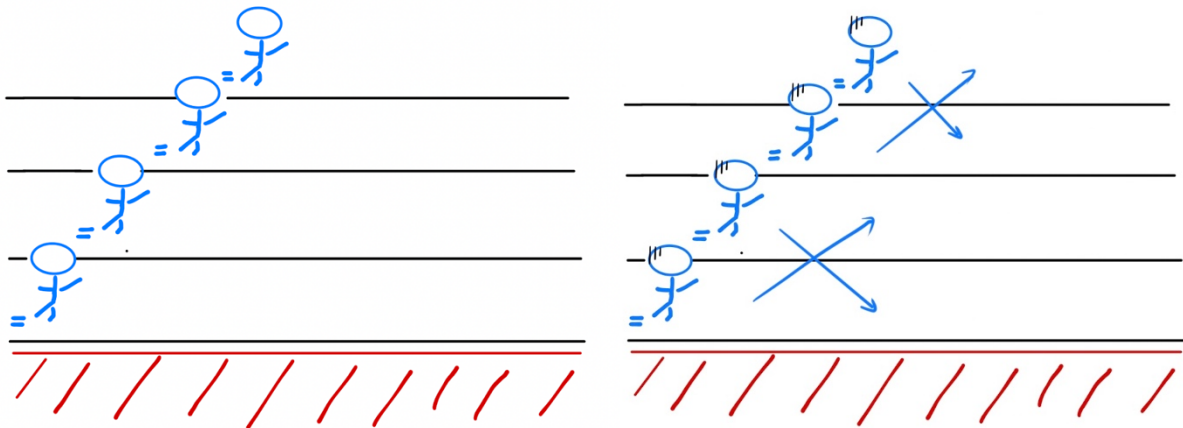
(圖一¹、表面坑坑洞洞的高爾夫球)

變身！空氣跑者

要想介紹這設計的巧妙，我們要先活用巧妙的想像力！

想像一下，當高爾夫球在空中飛的時候，空氣會從它的表面流過。而這情況就好比一場賽跑中，有好幾位跑者在不同賽道上奔跑(圖二)，這種沿著各自跑道向前進的稱為「層流」，也就是我們第一個需要知道的名詞。

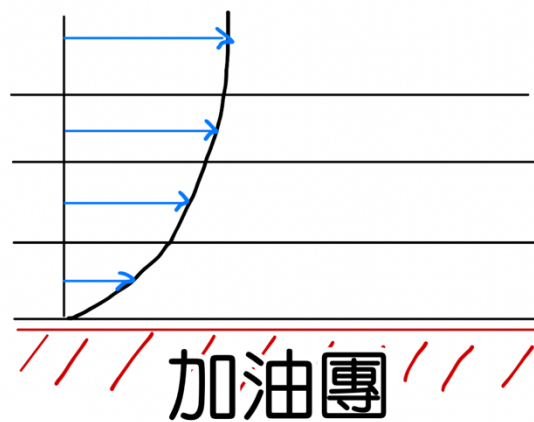
然而，隨著比賽進行，跑者們的速度越來越快，步伐也逐漸混亂，開始跟隔壁的跑者撞來撞去。這種大家不延著自己的跑道、隨意亂跑的情況就稱為「紊流」。



(圖二、左圖為層流，右圖為紊流)

比賽中，除了跑者外，當然免不了賽道旁的加油團。看著自己喜愛的跑者經過，粉絲們會情不自禁的伸出手想去觸碰跑者。

被打擾的跑者自然不甘心被阻擾，也會伸手拉住跑的比自己快的跑者。導致跑者的速度呈現漸層的情形，越靠近加油團的速度越慢。這種情況稱為「邊界層」。(見圖三)



(圖三、邊界層示意圖，圖中藍線表示速度，長短表示速度大小。)

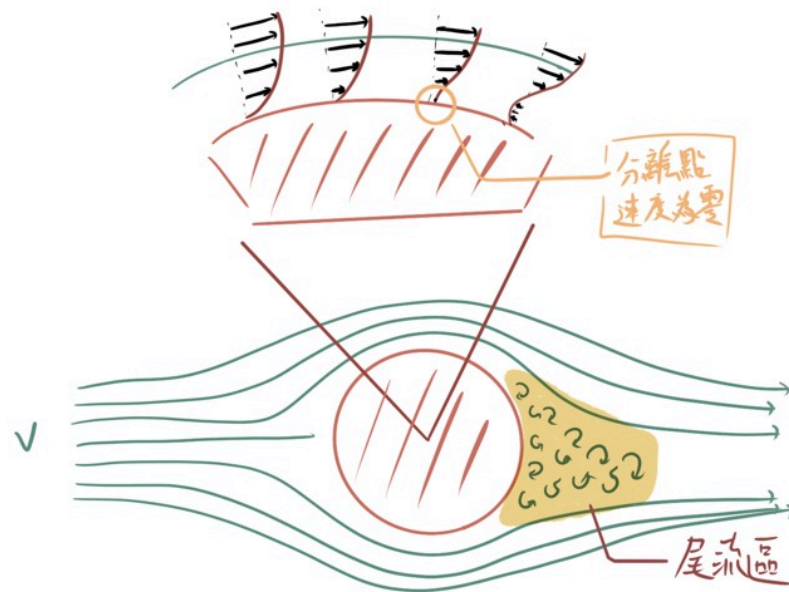
至於邊界層的實際原因，基本上是流體與物體表面產生的摩擦力以及流體內部相互的摩擦力導致的。

小結：空氣沿著物體表面移動會形成「層流」，達到一定速度以上會形成「紊流」，在物體表面會有速度差的情況稱為「邊界層」。

肆無忌憚的加油團

了解跑者狀況後，緊接而來的是高難度場地：環形賽道，也就是空氣在高爾夫球上的情況。

圓形賽道有個特別之處：加油團特別熱情，不停的阻撓選手們，使得跑者的速度越來越慢，直到變成零為止，也就是「分離點」（下頁圖四中的黃色圈圈）。



(圖四、曲型邊界層。黃色圈圈的速度為零。圖中箭頭代表速度，箭頭長短代表速度快慢)

什麼！速度變成零？那還怎麼跑？

這就說到重點了，速度變成零後，跑者自然是沒辦法向前邁進。然而，後面又有跑者緊接而來。迫不得已，它只好脫離跑道，開始到處亂跑，形成「尾流區」（圖四黃色區域）。

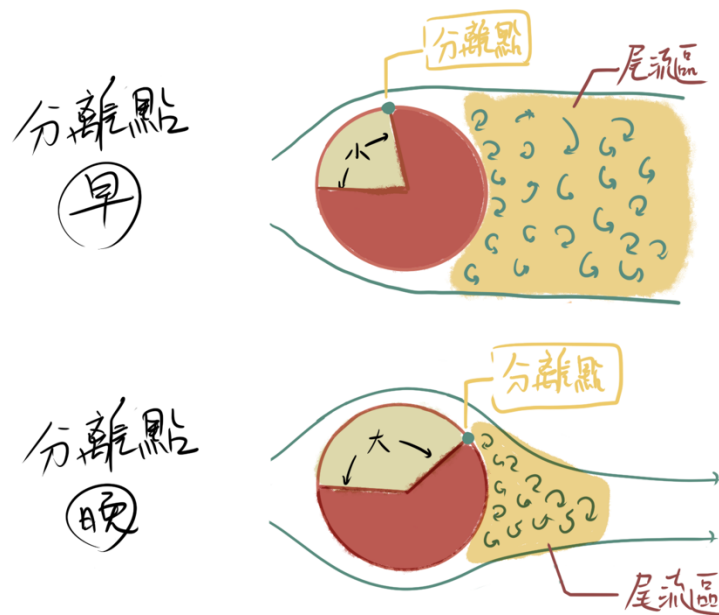
而尾流區的大小，正是影響流體對球的阻力的關鍵！當尾流區越大，流體給予球的阻力也會越大。換句話說，高爾夫球想要飛的遠，尾流區就要「小」。

特別的是，科學家發現，紊流會比層流更不容易受到表面阻力的影響。換句話說，步伐混亂、亂跑到別人跑道的跑者較不容易受到加油團的影響。

讓我再跑遠一點！

尾流區的大小與跑者們何時速度歸零有很大的關係。如圖四所示，跑者的速度在靠近前面的地方歸零，則尾流區相對更大。

接續上一段，如果能讓跑者更快進入「步伐混亂、亂亂跑」的時期（也就是紊流），就可以大幅度降低加油團的阻撓，使得跑者的速度較慢歸零。（見圖五）

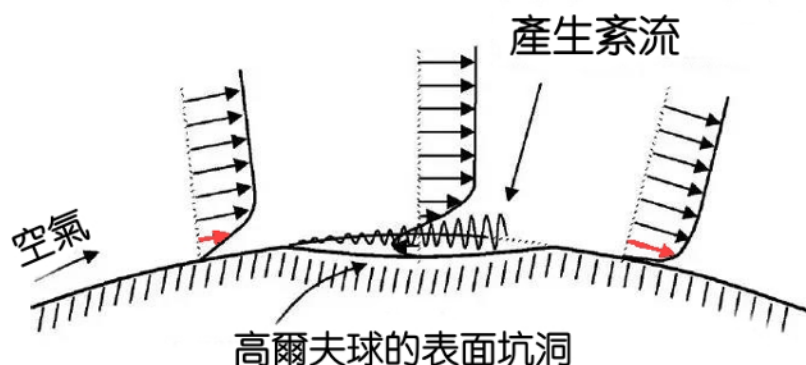


（圖五、邊界層分離早晚與尾流區大小的比較圖）

那該如何快速進入「步伐混亂、亂亂跑」的時期呢？

簡單！用坑坑洞洞的球就好了！

在高爾夫球上的坑坑洞洞，就好比擴增比賽場地的跑道，跑道增加而使跑者切換跑道的機率增加，也因此更容易進入「步伐混亂、亂亂跑」的時期。（見圖六）



（圖六²、空氣流經高爾夫球表面。經過坑坑洞洞後，流速得到提升）

如此一來，空氣跑者可以跑得更遠，尾流區也跟著變小，降低整體空氣對高爾夫球的

阻力，進而達到讓高爾夫球可以飛得更遠的目的。

參考資料

1. 高爾夫球 維基百科圖片 <https://zh.wikipedia.org/wiki/高爾夫球>
2. Choi, J., Jeon, W. P., & Choi, H. (2006). Mechanism of drag reduction by dimples on a sphere. *Physics of Fluids*, 18(4), 041702.