科幻電影中的物理世界

呂正中

許多科幻電影中出現的情節都有其物理基礎，
甚至像〈星際效應〉更聘請了 2017 年諾貝爾物理獎得主之一的索恩當科學顧問，
以相對論來說明時間的相對性，並闡述「蟲洞」的概念，
但也有些科幻電影的情節是違反物理原理的。

想像力是發明之母，許多科幻電影所描寫的未來事物，如〈回到未來〉裡自動綁鞋帶的球鞋、飛行滑板、飛天車等，都已經實現了。

許多科幻電影中出現的情節都有其物理基礎，甚至像〈星際效應〉更聘請了 2017 年諾貝爾物理獎得主之一的索恩（Kip S. Thorne）當科學顧問，以相對論來說明時間的相對性，並闡述「蟲洞」的概念，但也有些科幻電影的情節是違反物理原理的。

長期處於無重力空間會對人體健康產生負面影響（圖片來源：種子發）

人工重力

人從一出生，就一直處在地球重力場的環境中。沒有重力，不僅日常生活會感到相當不便，長期處在失重的環境下，更會對人體有很多不良的影響，例如體內的鈣質就容易流失，造成骨質疏鬆症。在動畫科幻片〈瓦力〉中，由於人在太空船的失重環境中旅行太久，個個都得了骨質疏鬆症，每個人只能靠電動浮板行動。這也是為什麼太空人無法待在國際太空站太久，必須定期返回地表的原因。

因此，若要人類長期待在太空或作長程的星際旅行，就得想辦法產生人工重力，像是讓太空船具備一旋轉艙，如〈火星任務〉、〈絕地救援〉等火星之旅的電影；或讓整個太空站自轉，

地球歷經了許多次生物的大滅絕，其中有些已證明與小行星或彗星撞地球有關。

像〈星際效應〉、〈極樂世界〉等電影，其原理就如同訓練飛行員承受高 G 力的離心力訓練機。

所謂 G 力，可以想像成是除了重力加速度外，額外再承受的加速度。例如，戰鬥機飛行員（其質量是 m）因高速迴轉或俯衝再急速拉起時，倘若其視重成為地表靜止時的 5 倍（也就是 5 mg），則飛行員承受 4G 的力。

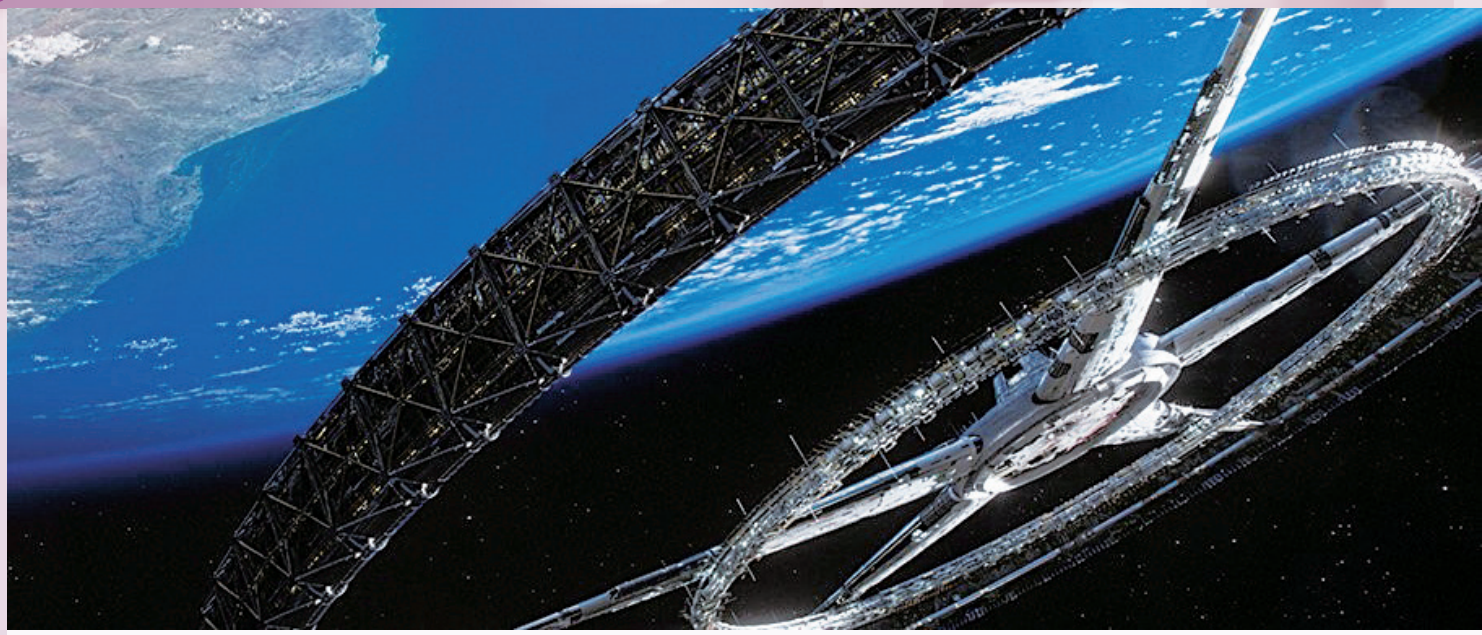
所謂視重，可以簡單想成用體重計測量到的重量。想像一個人在相對於地面靜止的電梯內量體重時，其視重就是其所承受的重力 mg。但倘若電梯有加速度，體重計的讀數就會改變。當電梯以加速度 a 向上時，體重計的讀數就會增為 m(g ＋ a)；而當電梯以加速度 a 向下時，體重計的讀數就會減為 m(g−a)。因此，當體重計讀數變成零時，代表這時電梯的鋼纜斷掉，整部電梯正以加速度 g 自由落下，稱為失重。

由此可知，失重並非沒有受到地心引力，而是這時的視重變成零。例如，國際太空站的軌道高度約 400 公里，在這軌道上重力場強度仍約為地表的 89%，但為什麼太空站內的太空人呈現失重的狀態呢？其實這情況和鋼纜斷掉而自由落下的電梯情況相似，電梯仍受到地球引力（否則不會往下墜），但電梯內的視重是零。太空站其實是在往下墜，只不過因為太空站有一定的速度，其所受的地球引力成為不斷改變其速度方向的向心力，而使其成為繞地球的圓周運動。

電影〈極樂世界〉中的巨型環狀太空站可以像訓練飛行員的離心力訓練機一樣，靠旋轉來產生如地表的人造重力。或許有人會質疑，難道〈極樂世界〉中的居民不會因旋轉而感到頭暈不適嗎？

用簡單的數據計算一下。倘若電影中的極樂世界太空站半徑 10 公里，要靠自轉產生如地表的重力加速度（$g = 9.8\ m/s^2$）時，自轉的周期約為 200 秒，也就是超過 3 分鐘才會轉一圈，相信絕大部分的人不會因此而感到不適的。

更重要的是，不管是在軌道上的太空站或是進行星際間旅行的太空船，所在的位置幾乎都是真空，也就是沒有空氣阻力。因此，一旦太空站開始旋轉，它不需要持續用能量來維持這樣的自轉。這是人類將來在太空長期生活要產生人工重力時，最經濟且簡單可行的方式。



電影〈極樂世界〉中的巨型環狀太空站極樂世界。（圖片來源：http://pop-verse.com/wp-content/uploads/2013/08/F3_05_elysium.jpg）

彗星撞地球

地球歷經了許多次生物的大滅絕，其中有些已證明與小行星或彗星撞地球有關。最近的一次就是約 6,500 萬年前的一顆直徑約為 10 公里的小行星撞擊事件，造成一個位在墨西哥猶加敦半島的撞擊隕石坑—希克蘇魯伯隕石坑，直徑約 180 公里。

這事件是全世界所有已知爆炸事件中規模排名第 1 的，相當於 100 萬億噸黃色炸藥（10^{14} 噸 TNT 當量）。現代核彈的威力約為百萬（10^{6}）噸 TNT 當量，而轟炸廣島的原子彈「小男孩」威力只有 15,000 噸 TNT 當量。難怪這樣的小行星被稱為地球殺手，一直是人類生存的最大夢魘！

1998 年的〈世界末日〉，描述人類發現了足以毀滅世界的小行星正朝著地球而來。為了避免 6,500 萬年前的事件重演，美國航空暨太空總署決定派太空人乘坐太空梭登上小行星，在小行星上面鑽洞埋設核彈，企圖以核彈爆炸的威力來消滅小行星，消弭又一次大滅絕的危機。

這樣的劇情和做法似乎合理，然而該片卻被航空暨太空總署選為歷年來最瞎扯科幻電影的第 3 名！主要的問題在哪裡？又是哪裡違反了科學原理、物理定律呢？問題在於在物體內部爆炸是屬於內力的作用，系統動量仍是守恆的，因此不會影響系統質心的運動。換言之，除非核彈爆炸的威力能把小行星整個變成夠小顆粒或充分散開，否則原本會撞上地球的，爆炸後依舊會撞上。因此，不會有電影後段所言：「爆炸後小行星殘骸的主要碎片與地球相距400英里擦身而過。」

星際旅行

就算人類可以避過像核戰毀滅、行星撞地球、超級火山爆發這些危機，未來還是得面臨一終極挑戰—地球資源有限，而太陽也有一定的壽命。因此，尋找類地適

尋找類地適居行星進而移民，是人類文明或地球生命延續的希望所繫。

蟲洞可以視為連接不同時空的隧道，
而黑洞被視為是時空的奇異點，是自然界最可能造成蟲洞的地方。

居行星進而移民，是人類文明或地球生命延續的希望所繫。

然而，宇宙是浩瀚無垠的，星球間的距離相當遙遠。以目前火箭的速度要前往火星，單趟少說也要半年的時間，更遑論要移民至別的太陽系的類地適居行星。舉例來說，航海家一號是航空暨太空總署於40年前發射的太空探測器，目前正以每秒約17公里的速度離開太陽系向外太空駛去，可以說是目前最快的人造飛行器。但若以這樣的速度要抵達距我們最近的另一太陽系的半人馬座比鄰星（距地球約4.22光年），至少得花約1萬8千年。

由此可見，要實踐星際旅行首先必須克服的就是距離的障礙。有些科幻電影像〈星際爭霸戰〉中常見到太空船以曲速航行。曲速的概念是建立在空間可以彎曲的構想上，理論上可行，只是目前還沒有穩定又經濟可行的方法可以把空間彎曲重疊。

另一個在科幻電影中常用來實踐星際旅行的方法，是利用所謂的「蟲洞」。蟲洞可以視為連接不同時空的隧道，而「黑洞」是時空的奇異點，是自然界最可能造成蟲洞的地方。在電影〈星際效應〉中，航空暨太空總署就是發現這種蟲洞，才決定派出太空探險隊為人類找尋新出路。片中靠近黑洞時出現的引力時間膨脹，是基於愛因斯坦的一般相對論的預測。因此，劇中男主角雖只待在靠黑洞最近的行星幾小時，在地球上卻已過了23年。

以上幾種星際旅行的方式，大部分是理論推測，至少在短期內人類的科技是無法達到的。若要在數十年內實踐星際旅行，至少要有更具威力的推進器與冬眠技術。

目前，所有太空船引擎推力的來源，還是依靠傳統燃燒爆炸的化學能。但要飛得越遠，火箭燃料就要載越多，整體質量會變得更笨重，且這種燃燒方式很快便會耗罄燃料。因此，若要做星際旅行，便要有新一代的引擎，必須利用核能或其他型態的能量。

即使有了新一代的引擎，並且可以讓太空船速度達到光速的一半，但以這樣的速度要抵達距我們最近的比鄰星，也要將近10年的時間。如何讓太空人在太空內待10年之久？最簡單的方式就是讓他們睡覺，等他們一覺醒來就抵達目的地了。

有很多科幻電影像〈星際過客〉、〈普羅米修思〉、〈阿凡達〉等，就描述過這樣的情節—太空人可以用休眠的方式度過漫長的旅程。不過，休眠期間人還是會慢慢衰老退化，雖然這種休眠能減緩人體細胞的分裂速度，但還是會弱化人體肌肉的力量，如同長期臥床病人所出現的肌肉萎縮症狀，這都是有待克服的瓶頸。

自古人類就經常仰望星空，對滿天的星辰有無數的憧憬和想像。就如同〈星際爭霸戰〉影集中企業號寇克艦長每次在片頭的旁白：「太空，最後的疆界……」將來人類以及所屬的文明要延續，希望就在這無窮無盡的星空中。讓我們共同期待繼哥倫布發現新大陸之後的另一次人類大遷徙，我們的後代能在星系間開枝散葉。

呂正中
崑山科技大學機械系