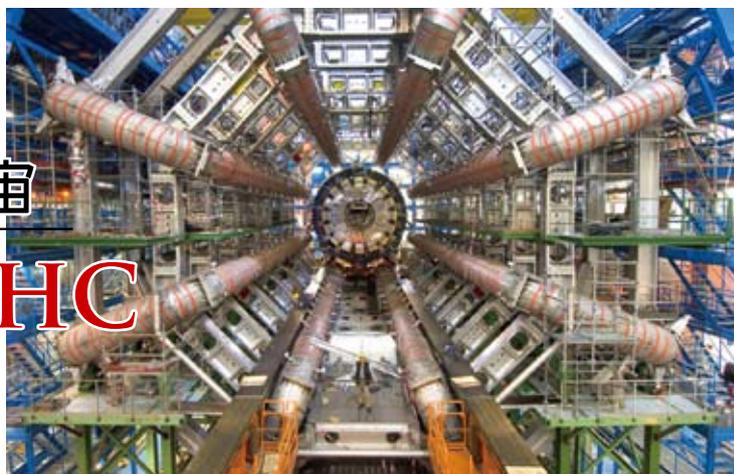


撞出粒子物理的新宇宙

大型強子對撞機LHC

文/ 吳志剛



巨大的對撞偵測器

宇宙到底是什麼組成的？暗物質是什麼？空間真的只有三個維度嗎？粒子的質量又是從何而來？1970、80年代帶領粒子物理揚起革命大纛的標準理論，又將面臨什麼樣的革命…？歐洲核子研究組織(European Organization for Nuclear Research, CERN)建造的大型強子對撞機(Large Hadron Collider, LHC)，將為這些宇宙未解之謎帶來一線曙光。

大型強子對撞機之「大」，從其創下的種種紀錄可見一斑。LHC的主結構體橫跨瑞士、法國，圓周長達27公里，位於地下50至150公尺間的圓形隧道，裡面放置兩個質子束管，沿線由將近7000個以液態氮冷卻至2K的超導磁鐵包覆，引導加速管中數以千億的質子達到光速的99.9999991%，每個質子各帶著7TeV(兆電子伏特)的能量，這些質子團以相反方向在四個實驗碰撞點彼此穿越，每秒產生六億次碰撞，而每個碰撞可釋放出高達2TeV的能量，遠超過目前紀錄的七倍之多！碰撞後所產生數千個粒子的動量、能量與軌跡等，將由超導環場探測器(ATLAS)、緊湊渺子螺管探測器(CMS)、夸克偵測器(LHCb)與大型離子對撞實驗(ALICE)等四座巨大的精密偵測器捕捉記錄。

LHC不僅硬體驚人，其產生的資料量也令人咋舌。從無數碰撞中經過觸發篩選出每秒100個事件的資料，經由數千部電腦組成的第零階網絡(Tier 0)，製成磁帶後傳送到分布全球的12個資訊中心，供給各研究單位擷取分析。而這樣龐大的計畫也必須由國際共同合作。LHC由全球85國的大學與研究機構出資八十億美元，由超過八千位物理學家與學生參與研究建造。台灣在這重要的實驗中也沒有缺席，中央研究院、台灣大學與中央大學的團隊都有傑出的貢獻，其中亞洲唯一的第一階網絡中心(Tier 1)即設在臺灣。

標準模型是當今最成功的基本粒子理論，它預測夸克與輕子粒子家族間應有對稱關係，但夸克與輕子卻都具有不同質量，而非無質量。為解決此問題，希格斯(Peter Higgs)等物理學家在1960年代提出了夸克與輕子的質量是藉由與希格斯玻色子的交互作用而獲得的概念，解決了對稱性的矛盾，但希格斯粒子到底在哪裡呢？根據1970年代之後的實驗顯示，希格斯粒子的質量必須在1TeV左右，而讓希格斯粒子的質量即使到了超出標準模型能量，仍保持在這尺度以下的原因有幾種可能：一是與其作用的虛粒子具有超對稱性；也可能希格斯粒子是由其他更基本的粒子所組成；或者，宇宙空間維度高於三維，使粒子在高能量的交互作用改變。

如今，科學家終於有了具有足夠能量探測希格斯粒子的LHC。在對撞事件產生的希格斯粒子會迅即衰變，而在各種衰變可能出現的產物中，最容易分辨的就是兩個路徑極為接近、難以辨識的光子。此外，許多粒子衰變後會產生光子和 π^0 ，也容易被誤判為兩個光子。這就是LHC偵測器為何必須空前精密的緣故。在這些高能對撞中，是否會產生穩定的中性粒子也是科學家關注的項目之一，它們極可能就是宇宙中暗物質的候選人，將有助於揭開宇宙結構之謎。而對撞中產生新的交互作用粒子則將帶領科學家邁進物理的新紀元。

至於某些人士擔心LHC可能會引發毀滅地球的災難，例如產生黑洞、吸收一般物質的奇異物質、會造成質子衰變的磁單極、宇宙真空相變等等...，似乎可能性並不高，且讓我們先將目光集中在這LHC即將揭開的宇宙極致之美上。



LHC的位置圖與加速器