

017 為甚麼研究小小的基本粒子要用巨大的加速器？

要看清小小的基本粒子，需要用攜帶巨大能量的探測粒子才行。

想看清地上的小螞蟻，俯下身就可以了。想看清細菌這樣的微生物，需要用顯微鏡。使用掃描隧道顯微鏡甚至可以看清原子。那麼，要用甚麼樣的儀器才能看清更小的基本粒子呢？

讓我們從視覺原理說起。我們能看見物體，是因為光線照射到物體上發生反射，我們眼睛通過接收反射光來判斷出物體的材質、大小和距離。可是，如果某個物體比光的波長還小，那麼光線照到它就會繞過去，而不能反射回來，就好比無線電波繞過障礙物一樣。

光波繞過小於自身波長的障礙物繼續向前傳播的現象稱為「衍射」。衍射現象不是光獨有的。如果把光波換成其他的粒子來「看」物體，也不能避免以上問題。量子力學認為，所有物質都具有波粒二象性。比如電子或者質子，也都有相應的波長，會繞過比它們波長小的物體。

這種光波和物質波衍射的性質，在量子力學中最終被歸納為不確定性原理。不確定性原理指出，一個粒子的位置和動量不能同時被確定。所以，要看到越小的東西，就需要「光源」發出的粒子波長越短。由於光速等於波長和頻率的乘積，而能量等於普朗克常量與頻率的乘積，因此，粒子波長更短意味着能量更大。

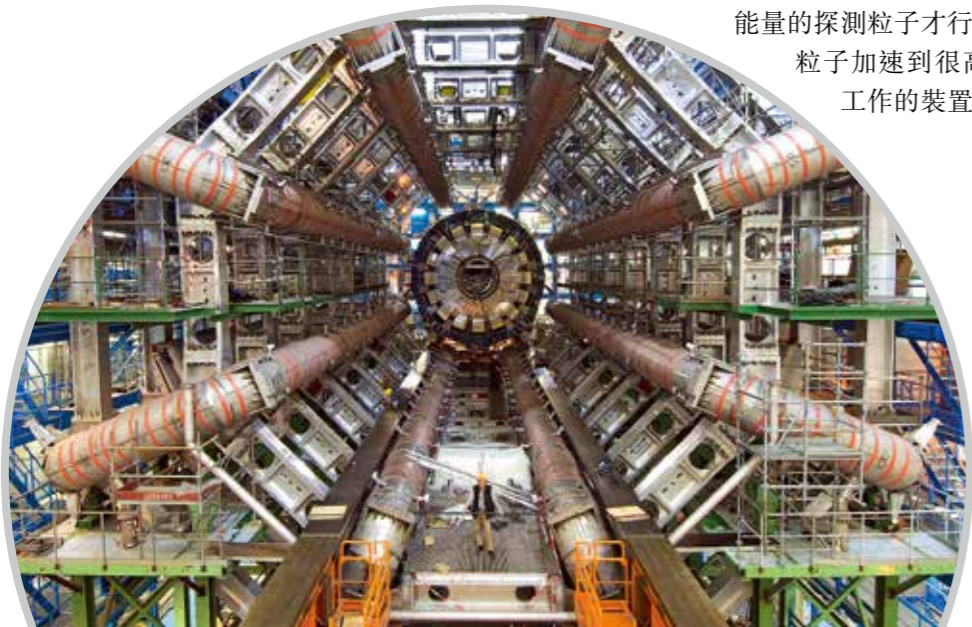
也就是說，要看清小小的基本粒子，需要用攜帶巨大能量的探測粒子才行。於是我們需要把探測粒子加速到很高的能量，能完成這種工作的裝置就是**粒子加速器**。



費米實驗室內部

®

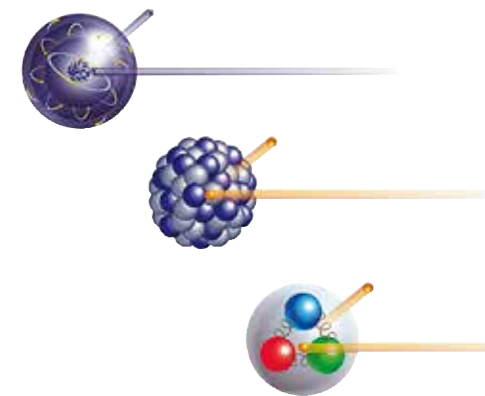
大型強子對撞機內部結構



©

例如，北京正負電子對撞機就是這樣的一台加速器。這台對撞機可以把正負電子加速到 20 億電子伏的能量，也就是說把電子加速到光速的 99.999 997%，並以這樣的速度，每秒進行上百萬次對撞。正是這樣的加速器，承擔着實驗探索基本粒子性質的重任。同時，北京正負電子對撞機可以作為同步輻射光源，參與高溫超導、光刻技術等方面的研究和應用。

把質子加速到更高的能量相對容易些。可是，質子內部的相互作用力很強，所以質子和質子對撞是比電子對撞複雜得多的過程。質子對撞帶來的複雜性，就好比用兩隻青蛙高速相撞，撞得粉碎之後，再通過碎片來分析青蛙的生物結構一樣。比如，在瑞士日內瓦西郊運行的**大型強子對撞機**就是這樣一台質子加速對撞的機器。大型強子對撞機的直徑長達 8.6 千米，在對撞點上安裝的探測器有幾層樓房那麼高，而質子和質子對撞的能量則達到了 140 000 億電子伏。大型強子對撞機每年生成的實驗數據足以寫滿上百萬張 DVD。幸好，計算機技術的發展使得這種複雜的數據處理和重建成為可能。目前，全世界的高能物理學家都在期待大型強子對撞機檢驗已知的粒子物理理論，以及發現激動人心的新物理理論。(王一)



高能粒子散射實驗與基本粒子的發現

法國、瑞士交界處的大型強子對撞機鳥瞰圖 ©

