

# 超高能加速器的希望之光

## ——超导技术新突破

魏开煜

1987年的春天,国际科坛喜讯四起,超导研究获得重大突破引起科学家们极大兴趣。我国超导专家研制成功新型超导材料,把出现超导电性的转变温度,从原来的液氮温度一下子提高到了液氦温度。美国、日本的科学家也取得了很好的进展,目前中美日三足鼎立竞争十分激烈。美国和日本的超导专家声称,他们下一步的目标是向200K、300K进军,也就是说争取获得常温超导。我国超导专家们也不示弱,他们正在擎着地向更高的目标冲刺。目前,超导研究就像运动员百米赛跑!正处在关键时刻,各国科学家们正竞相拼搏,为夺取这块金牌而奋斗。究竟谁能夺得金牌,谁能摘取诺贝尔奖金桂冠,我们暂慢评说,这里我们要介绍的是超导新突破对超高能加速器的进一步发展有着怎样的重要意义。

目前,高能和超高能加速器仍然是用许多二极磁铁和四极磁铁交替排列成一个大环。靠二极磁铁产生垂直方向的磁场,控制粒子沿着加速器的环形轨道一圈又一圈地做“马拉松”长跑。四极磁铁产生磁场梯度,对粒子进行聚焦,使它们不致于脱离环形轨道而“溜”掉。同时在环上设置一些高频加速站,对粒子进行加速。也就是为它们增加能量。这种环形加速器的轨道,在二极磁铁中是一段段圆弧,在二极磁铁以外是一节节直线。所以加速器的平均半径要比二极磁铁中的圆弧半径大,对于超高能加速器,比较合理的平均半径可以用一个很简单的公式估计:

$$R(\text{公里}) \approx \frac{5E(\text{万亿电子伏})}{B(\text{万高斯})}$$

公式中,B是二极磁铁中的磁场强度(严格地说是磁感应强度),以万高斯为单位;E是加速器达到的粒子能量,以万亿电子伏为单位;这样所计算出的加速器平均半径R以公里为单位。

在超导磁体尚未研制成功之前,加速器都是用普通的电磁铁。由于铁心磁饱和效应,磁场高不上去,通常达到2万高斯时,磁铁的耗电量就急剧增加。所以一般不能超过2万高斯,只有个别加速器用到了2.2万高斯。因此,随着对加速器能量的要求越来越高,加速器就越造越大。例如,美国费米实验室的5000亿电子伏(即0.5万亿电子伏)质子同步加速器的平均半径就已经接近1公里,周长达到6公里。简直是个钢铁巨龙。更令人头痛的是,这么大的环形轨道上需要布

置几百块,甚至上千块耗电量巨大的电磁铁。加速器成了一般电网都喂养不起的电老虎。于是,高能加速器发展出现了严重的危机。

为了降低加速器的耗电量,把加速器向更高的能量推进,加速器专家们开始求救于超导技术。这种超导磁体不用铁芯,完全用铌-钛超导电缆编织而成,在4.5K的环境温度下,也就是在摄氏零下268.5度(即液氦温度)时,电阻消失。可以通很强的电流产生几万高斯的磁场而几乎不消耗电能。由于超导磁体的应用,费米实验室在原来的0.5万亿电子伏质子同步加速器隧道中,正在建造了一台能量为2×1万亿电子伏的质子、反质子对撞机。

目前,美国又开始利用铌-钛超导磁体建造一台更大的超高能加速器,叫做SSC,即超导超大型对撞机。它可以把质子和反质子束加速到20万亿电子伏的能量使其相互对撞。超导磁体的铌-钛电缆封闭在恒温器中,用压缩机把环境温度维持在4.5K的液氦温度下,可以产生6.5万高斯的磁场。即使在这么高的磁场下工作,加速器的周长也需要83公里。总投资达44亿美元。

这台加速器之所以能够建造,全靠超导解救。要是采用普通电磁铁,其耗电量之大恐怕连美国最大的电网也难承受。

铌-钛超导虽然为超高能加速器发展解除了一次危机,把加速器能量提高了大约40倍。耗电量也大大降低。但危机并未完全消除。一是铌-钛超导只能在4.5K超低温下工作。为了维持这么低的温度,需要许多功率强大的致冷压缩机,耗电量仍然可观。二是铌-钛超导磁体所产生的磁场仍然太低,目前只有6.5万高斯,因此,加速器还是太大。有人断言,SSC可能是最后的加速器。

目前,超导新突破,为解决上述危机投下了希望之光。我国超导专家们所研制的高温超导新材料,只要维持液氮温度就能工作。这就意味着可以大大减少压缩机,进一步降低超高能加速器的耗电量。如果能研制成功300K的常温超导材料,那末前景就更灿烂了!

现在,我们可以充满信心地期待一种新型的高能加速器的诞生,她将为探索微观世界开辟一个更为广阔的前景!