

# 人类能创造自己的太阳吗？

莫 恭 敏

(中国国际广播电台 北京 100040)



(续前)

## 第三篇 受控聚变

### 物质第四态——等离子体

除固体、液体、气体外，物质还有第四种形态。这是一般人所不知道的“等离子体”。等离子体是一种什么东西呢？我们知道，在加热物体时，随着物体内部的粒子不断获得越来越多的动能，物质结构便会逐步遭到破坏：固体变成液体，液体再变成气体。如果温度继续升高，当气体分子或原子的平均动能大到同原子内电子的结合能相等时，气体原子便会因其电子摆脱原子核的束缚而成为离子。我们称这种过程为“电离”。于是物质便转入等离子体态。

在磁场内，等离子体具有多种有趣的特性。由于等离子体由带电粒子组成，这些带电粒子不能自由越过磁场的磁力线，而只能绕磁力线作螺旋状轨迹运动，因此，其导电性、传热性、波的扩散等在磁场的纵向和横向上都表现得非常之不同。在磁场的横向上能量和物质的转移都呈被抑制状态，正因为如此，人们有理由期望把炽热的等离子体约束在磁场内。

本世纪50年代以来，等离子体的研究受到很大的重视。科学家发现，氦在气体放电管中形成的等离子体在磁场作用下能够脱离管壁，因而可望达到产生聚变所需要的高温。这曾是研究受控热核聚变的途径之一。

### 驯服等离子体

氢气加热到大约10万摄氏度时，进入等离子体状态。如此巨大温度的气体不可避免地要同容

器壁产生接触，向容器壁传热，使它遭到破坏。而且，假使气体密度不够大的话，气体就会迅速冷却。所以说，要控制住等离子体确实不是一件容易的事儿。不过对于太阳来说，这倒也不难。因为太阳拥有足够的空间，它的中心温度高达1500万摄氏度，表面温度也有5500~6000摄氏度。从太阳中心到表面相距约70万公里，而且太阳的质量是如此之巨大，以至于靠万有引力便可以把等离子体约束住。

在地球条件下用什么方法约束等离子体，驯服等离子体呢？既然等离子体的粒子都带有电荷，在磁场中带电的粒子是沿着磁力线按螺旋状轨道运动的，因此磁力线就起着引导粒子运动的“轨道”的作用。

于是，科学家们便想到了用磁场约束等离子体。通过适当电磁线圈设计，例如，使磁场的磁力线形成一个闭合圈。这样便可把灼热的等离子体的带电粒子约束在磁力线构成的“管子”里，不让它们同容器壁发生接触。

不过在实际上问题却要复杂得多，因为按螺旋轨道运动的粒子在磁场外侧所受的影响小于磁场内侧。它们逐渐向磁场外侧转移，而脱离磁场。这就是简单的环形磁场为何不足以约束等离子体的原因所在。

后来科学家发现，使磁力线拧转可以解决这个难题。换句话说，就是使磁力线也作螺旋状运动。这样，粒子便一次又一次地重新落入强磁场内，而被紧紧地约束住。

## 受控聚变

氢弹爆炸已经证明人类能够通过氘氚混合物在瞬间加热而实现热核反应。然而,实现这种灭绝地球生灵的非受控聚变并不是科学家追求的目的。他们梦寐以求的是实现受控聚变,以解决人类的能源危机。

实现受控聚变应该具备哪些条件呢?

首先,要把热核燃料加热到能使热核反应显著发生的高温。假使我们能够通过特殊方法使只在恒星上产生的核反应控制在反应堆内进行,那么,我们便可望获得巨大的能量。

其次,由于等离子体及其能量转瞬即逝,因此还应将等离子体及其能量约束足够长的时间,以利于产生聚变反应。

第三,为了产生充足的聚变功率,要求处于高温等离子体状态的反应物质具有一定的密度,即单位体积中有足够多的燃料粒子。

因此,等离子体的温度、密度和约束时间三者的乘积就成了衡量核聚变装置性能的标准。

使用不同的热核燃料对加热温度和能量约束时间以及等离子体密度有不同的要求。对于氢的同位素氘和氚来说,为使从热核反应获得的能量超过加热燃料所消耗的初始能量,必须满足美国物理学家劳森提出的条件:  $n\tau > 10^{14}$  (式中  $n$  为等离子体的粒子密度,  $\tau$  为高温等离子体能量约束时间)。这就是著名的“劳森判据”。在氘和氚情况下,它们聚合所要求的加热温度为1亿摄氏度左右。在最佳温度时,氘-氚反应在下述条件下才能获得有用能量,即:在1立方厘米体积内离子数为  $10^{14}$  个,等离子体的明显冷却时间不应少于1秒。在等离子体达到所需温度,产生热核反应后,若希望仅由反应产生的高能粒子——在氘氚反应情况下为快 $\alpha$ 粒子来加热等离子体,维持反应所需的高温,即达到所谓“自持点火”,则要求更高的  $n\tau$  值。

### 磁约束与惯性约束

科学家的研究表明,主要有两个途径可以达到满足上述劳森判据,即实现热核受控加热的条件。这就是:“磁约束”和“惯性约束”。

如前所说,磁力是改变粒子在磁场中运动轨迹的力量,因而磁场便可在其垂直方向上约束住带电粒子。这便构成了等离子体“磁约束”的思想基础。

不过,磁场并不妨碍粒子顺着磁力线运动。因此,物理学家想出了种种防止粒子由于作这种运动而造成粒子损失的方法并研制了种种装置。例如:

磁镜装置。这是一种圆柱形等离子体容器。其中形成的磁场是平行于圆柱体的,然而圆柱两端的磁场很强,中间的磁场较弱。粒子运动到磁场很强的两端,便被反射回来,就象光线被镜子反射回来那样。由于圆柱体两端的强磁场区能像“塞子”那样把等离子体约束在圆柱之中,因此这种装置又叫“磁塞装置”。

托卡马克装置。一种环形磁约束装置。磁场主要由强的环向场和环向等离子体电流产生的极向场迭加而成,磁力线为螺旋状。这就消除了因环向磁场的空间不均匀引起的带电粒子横穿磁场的缓慢运动,即所谓的“漂移”现象。电流产生的极向磁场与环室外部线圈产生的环向磁场相互迭加,使整个磁场拧转,是托卡马克装置的磁系统的基础。用这种装置可获得等离子体加热与绝热的最佳效果。

仿星器。这也是一种约束高温等离子体的闭合磁阱。它的磁场与托卡马克相似。不过它那绕着等离子体的螺旋状磁场是直接由环绕等离子体容器的形状相当复杂的绕组形成的。这种装置与托卡马克不同之处在于它无需在等离子体内存在环向电流,因此等离子体既可以通过感应放电产生,也可以用高频电场使气体电离产生,还可以从外面直接注入。

利用强大的激光束或粒子束打在物质表面也能在瞬间使其加热到热核反应所需高温。这一加热时间是如此之短促,以致物质在尚未因热运动而飞散之前,就已参与了聚变反应。在这种情况下,补充绝热就变得没有必要了。唯一约束粒子飞散的是它们自身的惯性。于是便产生了“惯性约束”理论。建立在这一理论上的热核装置便被称为“惯性约束装置”。

# 谈光对物体的投影

储文启

(连云港教育学院 江苏 222001)

光在传播过程中遇到不透明物体时,在物后方形成的暗区称影.它是光直线传播的结果.在影中,光不能到达的完全暗区称本影.只有部分光能到达的半暗区称半影.影的大小与性质,取决于光源、物体与截影屏三者的相对位置.已知物体经透镜和面镜有成像规律,那么物体在其中投影于屏是否也有它的规律呢?

## 一、光源、物体与投影的关系

两千四百多年前,《墨经》上就记载过物体投影的规律,“景:二光,夹;一光,一.光者,景也.”这里的景即影,者即堵.意思是说:两个光源照射一个物体,其投影往往是两个半影夹持一个本影;一个光源照射一个物体,则只有一个本影.影就是光被挡住之处.本文只限于讨论一个光源与一个物体之间的投影规律.

1. 点状光源:物体若为点状物,则投影为点状本影;物体若为非点状物,则投影为正立的随物屏距离的加大而变大的本影.

2. 非点光源:

(1) 点状物:其影倒立,且为无数发光点各

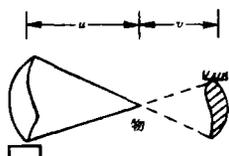


图 1

惯性约束等离子体的具体做法是:利用大功率激光束或粒子束(如相对论电子束或离子束)从四面八方打在一个由氘氚等聚变燃料组成的靶丸上,在极短的时间内使靶丸表面电离和消融,产生包围靶丸的、向外喷射的等离子体.它们产生极大的反冲压力,将靶丸内的燃

料压缩加热到高温、高密,从而实现聚变反应.自对物形成的点状本影所组成,从整体看它仍属半影.有人称它为发光物的“负像”、“小点成像”.若把物到光源的距离称物距  $u$ ,屏到物的距离称影距  $v$ ,则其放大率  $k = v/u$ .当  $v < u$ ,则  $k < 1$ ,屏上为缩小倒立的半影;当  $u = v$  时,则  $k = 1$ ,为等大倒立的半影;当  $v > u$ ,则  $k > 1$ ,为放大倒立的半影.(见图 1)

(2) 非点状物:

a. 物体大小大于光源:影区为台柱形发散本影及绕本影的环柱状发散半影;

b. 物体大小等于光源:影区为柱形本影及绕本影的环柱状发散半影;

c. 物体大小小于光源:影区为锥形收敛本影及绕本影的环柱状发散半影(见图 2).若光源与物不变,距离变大,锥形本影变长,半影发散减慢.下面以日、月食为例,来看此影如何形成全食、偏食与环食.

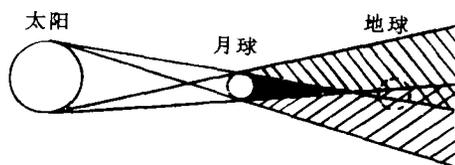


图 2

当月球在太阳、地球之间,若地球某地在月球的本影中,该处出现日全食;在半影中出现日偏食.由于地球环绕太阳的轨道并不是圆,地球(和它的月亮)有时靠近太阳,月球本影圆锥体的高会比月球绕地球的轨道半径短.当地球某地处在月球本影圆锥体的母线延长线构成的新圆锥体里时,即图 2 中斜纹相交区域,将出现日环食.由于新圆锥体是由周围的半影区重叠而来,因而它遮不掉太阳周边的发光点,只能挡住太阳圆面里面的部分,所以在影区一般都可

料压缩加热到高温、高密,从而实现聚变反应.

1968 年,科学家用聚焦很好的大功率激光脉冲照射氘化锂时,曾首次观察到聚变反应放出的中子.后来便提出一种所谓的“向心爆炸法”.它成了惯性约束装置的基础,惯性约束热核聚变的研究目前正在向前发展.(未完待续)