

最早的吸积盘研究都假设在最内稳定轨道处物质开始自由下落，此处的力矩为0。但是在吸积率很大的时候，这是不对的。于是求解吸积盘就缺少内边界条件了。一个简单的想法是在黑洞的视界面上力矩为0。

这个假设看起来看起来很自然，在此基础上构建的吸积盘模型也能符合一些观测，但是这样的假设到底对不对呢？如果吸积盘内的物质可以看成粒子，那么根据彭罗斯提出的机制，黑洞能量和角动量的减少不是因为黑洞对周围的物质有力矩，而是黑洞吸收了负能粒子。要说明黑洞视界面没有力矩的可能性，需要说明存在一种机制，对于一般物质，旋转黑洞吸收负能负角动量的这种物质后能量和角动量减少，而不是由于受到力矩（对于史瓦西黑洞，没有能量可以提取，也没有力矩的问题）。也就是要证明，能量为负的物质角动量也为负。

这个问题是我两年前的课题，能力有限，没有解决。最近，国外的导师来做报告，说是这个问题已经找到一种说明的办法了。我从他那里了解到一个十分简单的推导。

使用(+ - - -)号差，假设 η^i ， ξ^i 分别是类时和轴向Killing矢量场。时空的转动参量

$$\omega = -\frac{(\eta^i \xi_i)}{(\xi^k \xi_k)}$$

这个量大于零。局域无转动观者的类时Killing矢量场为

$$n^i = e^{-\Phi}(\eta^i + \omega \xi^i)$$

此观者看到的物质的能量为

$$E = n^i p_i > 0$$

其中 p_i 是4-动量。无穷远静止观者看到的物质能量为

$$E_0 = \eta^i p_i$$

在能层里 $(\eta^i \eta_i) < 0$ ， $E_0 < 0$ 是有可能的。注意到

$$E = e^{-\Phi}[\eta^i p_i - \omega \xi^i p_i] = e^{-\Phi}[E_0 - \omega J_0] > 0$$

所以

$$E_0 > \omega J_0$$

于是只要 $E_0 < 0$ ，就有 $J_0 < 0$ 。这就是一种机制，负能的物质有负角动量。当然，存在这种机制只是说明黑洞视界面没有力矩是可能的，但是并没有绝对的保证。但对于吸积盘研究，这已经很让人感到满足了。