

204 离心力

主题

什么是离心力？我们来看维基百科怎么说：

“根据达兰贝尔（d'Alembert），这个力学的基本方程可写为这样的形式：

$$F_{ZP} = ma_{ZP},$$

并把右边这一项理解为力。这个力叫作离心力 F_{Zf} 。这是惯性力，更确切地叫达兰贝尔惯性力。这样，我们有：

$$F_{ZP} + F_{Zf} = 0$$

因此，

$$F_{Zf} = -F_{ZP}$$

离心力总是与向心力大小相等，方向相反。”

我们也可以来看一下蒂普勒（Tipler）的一段话[1]：

“如果想在加速参考系中应用牛顿第二定律 $F=ma$ ，我们必须引入假想力。这个假想力的大小取决于参考系的加速度。假想力不会真正传递，只是用来确保在非惯性参考系中所测得的加速度 a 使得关系式 $F=ma$ 仍成立……另一方面，对于在转盘上的观察者，物体是静止的，并没有加速。这位观赛者并没有应用 $F=ma$ ，而是引入了大小为 mv^2/r 的假想力。这个假想力沿半径方向作用在物体上，与绳子的拉力平衡。这个假想力沿半径向外，故叫作离心力。这个力对于转盘上的观察者来说是真实的。”

我们来看一本古老的德国大学教材中的一段话[2]：

“这个力叫作离心力。利用弹簧或橡皮筋的伸长量，这位观察者可以测出在空间中每个点上的离心力的大小。他发现，他处在一个力场之中，……”

负担

1. 无论传递力的介质是物体还是场，每个力都对应一个力学应力。力学应力

是局域物理量，分布在空间各点。然而，对于离心力来说，没有相应的力学应力。根据通常所说，离心力是一种假想的力。因此，人们会觉得必须引入“假想的应力”。然而，对于离心力和其他假想力，我们仍然可以确定其量值，因此不可能有假想的力学应力。

2. 对于一个绕圆心做圆周运动的物体，其动量为零，它所受的力是平衡的，即向心力与离心力平衡。这样，我们可以把这动量（在这种情况下其值为零）叫作假想动量。看来，没有人会产生这样的观念。很显然，可能在什么地方出了差错。

3. 我们可以借助于一种类比来澄清这里的问题。

每个力可理解为动量流。这样，牛顿第二定律

$$dp/dt=F$$

告诉我们，对于一个物体，只有当动量流入或流出这个物体时，其动量才会发生变化。

与此相类比，关于电荷 Q 的方程

$$dQ/dt=I$$

告诉我们，对于一个空间区域，只有当电荷流入或流出这个区域时，其电荷才会发生变化。现在，我们按假想力的说法可以这样说：电荷不随时刻变化，即 $dQ/dt=0$ 。这样，上面这个方程就不再成立了。然而，我们可以通过引入假想电流来补救这个问题。我们可以确信，任何人不会问：这电流来自何处？其电流密度分布是怎样的？为什么没有相应的磁场？

4. 有时人们会说，离心力可用来定义一种力场（参见上面所引用的第三段话）。我们不知道作者是否想画离心力的力场的场线。在空间区域，这力场中处处有正源和负源。

讨论一下离心力或科里奥利力的推导过程是很有意义的。首先要计算在转动参考系中的加速度。这个推导过程是纯运动学和纯几何学的。由此我们得到离心加速度（和科里奥利加速度）。这个推导过程是正确的。我们可以用运动学的方法来描述一个在任意转动参考系中的运动，并得到任意复杂的速度和加速度。我们还可以对这些加速度取上不同的名称，在转动参考系中通常是这么做的。对此，人们不会有异议，除非有人选择了不好的参考系而又不喜欢这样做。现在，选择转动参考系有了很充分的理由；例如，在气象学中，人们关心空气和水的运动，而这种运动总是相对于转动着的地球来说的。只要人们认为这种运动是由力引起

的,情况就会变得复杂。只有在这时,上面所提到的前后不一致的情况就会出现。

历史

离心力这一术语可以在牛顿之前的文献中找到;例如,可以在笛卡儿和惠更斯的著作中找到。牛顿在他的《原理》中也多次提到这一术语。

这一奇怪的概念是怎么可能产生的?难道笛卡儿、惠更斯、牛顿、达兰贝尔和科里奥利没有更新科学概念?当然不是。但是,他们所建立的知识结构只能适用于当时的时代,因为他们都持有超距作用的观念。在麦克斯韦时代,超距作用观应该算是终止了。但是,在今天的中学和大学所教的所谓的经典力学中,超距作用观仍没有终止,且无所不在。

牛顿力学的话语体系(“物体 A 施力于物体 B”)将力传递的物质或动量传导的系统彻底掩盖了。在这个话语体系中只涉及这个过程的两个参与者:物体 A 和物体 B。在离心力这一奇怪的概念中缺失了物体 A。从更现代的观点看来,如果将力视为动量流,假想力的问题将会更大:不但缺失了动量流的源,也缺失了这一过程的第三个参与者,即动量从 A 传递到 B 的中间系统;在物体 B 中的动量凭空地产生了。

不过,我们在一本理论物理教科书中找到了对上述观点的谨慎批评[3]。这位作者分别在两个参考系中讨论了同一个简单的情形:一个在惯性参考系中,另一个在加速参考系中。在这里,这位作者运用了假想力来解释这个情形。这位作者证明,这两种描述方法在数学上都是可以的。但他最后表明:

“第二种方法通常在形式上能较快地达到目的。然而,我们必须明白,对于物理事实来说,第一种方法通常是更合理的。”

建议

如果有可能,不要在转动参考系中来描述一个过程。这是为了遵循这样一个原则:参考系的选择必须使描述尽可能地简单。

至于在气象学中,运用离心**加速度**和科里奥利**加速度**这样的概念并没有错。

[1] P. A. Tipler: *Physik*, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2003, S. 114 umd 116

[2] R. Tomaschek, *Grimsehls Lehrbuch der Physik*, Verlag B. G. Teubner, Leipzig,

1936, S. 65

[3] G. Joos, *Lehrbuch der Theoretischen Physik*, Akademische Verlagsgesellschaft, Frankfurt am Main, 1959, S. 110

Friedrich Herrmann

(陈敏华, 2022 年 1 月 15 日译毕于浙江省绍兴市柯桥区碧水金柯)