

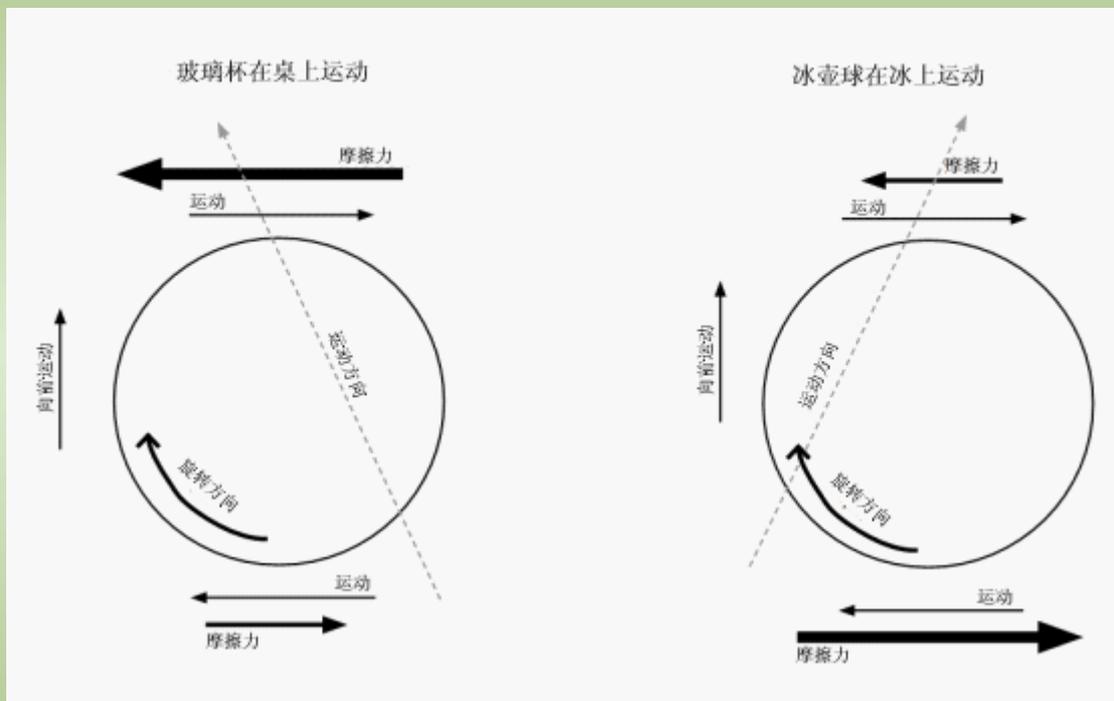
## 第四章 冰壶运动中的科学

## § 1 冰壶运动轨迹中的物理学

很多运动员和冰壶迷都知道内旋球和外旋球，但您是否知道已经有科学家对冰壶球的旋转运动轨迹进行了深入的研究？

当运动员投掷冰壶、在其上施加旋转动作时，他希望冰壶球沿其旋转方向运动、到达四垒要求的位置。以右撇子运动员为例，一个顺时针旋转的内旋球将使冰壶球朝冰壶赛道右边运动，而外旋球，即逆时针旋转球，将使冰壶球到达赛道的左边。

取一只普通水杯，将其扣过去，沿一个光滑平面向前推送、同时在其上施加旋转动作，就如同投掷冰壶球一样，看玻璃杯怎样运动。结果发现，玻璃杯的运动与冰壶球的运动完全不同！见下图：



这一现象长期以来让人感到费解，很多冰壶运动员在看过玻璃杯运动轨迹之后很吃惊，无话可说，因为它确实与冰壶运动轨迹相反。

“冰壶运动轨迹为什么违反常识”这一疑问深深吸引了北英属哥伦比亚大学教授 Shegelski 博士，他决定探寻究竟，于是，他与朋友一起观看冰壶比赛。他对比赛的关注点与冰壶运动员和冰壶爱好者不同，作为一名物理学家，他带着自己的问题去观看比赛。

他说：“对一名物理学家而言，解释玻璃杯为什么旋转、怎样旋转很容易，而解释冰壶球的运动却不是很容易的。”

Shegelski 博士和同事杰森博士怀着极大的好奇心在起滑器上进行了一系列的试验，帮助解释“为什么冰壶球具有独特的运动状态”。

当您推动一个物体使其向前运动时，物体趋向于前倾。如果是玻璃杯，那么杯子前端比后端作用于桌面的向下压力更大些，因此，在运动时前端会受到更大的摩擦阻力。如果玻璃杯顺时针旋转，则其前端运动倾向于向右，后端运动趋向于向左。物理学原理告诉我们：摩擦力的方向总是与运动方向相反，因此，玻璃杯在桌面上运动时，前端受到向左的摩擦力，后端受到向右的摩擦力。由于前端向前运动时因正压力大于后端，故受到的摩擦阻力也大于后端，因此，玻璃杯整体运动方向向左。

我们把扣在桌面上的玻璃杯想象成冰壶底部的工作圆环，同样的原理应当适用于冰壶球，然而，与玻璃杯相比，冰壶球在运动过程中前端遇到的摩擦阻力很小，尽管冰壶球在冰面上也是前端正压力大，但摩擦力使冰面温度升高进而产生微量冰融化，在冰壶球前端形成一薄层水膜，这层水膜使摩擦力减小；而在冰壶球后端，冰面融化不及前端，因此，后端所受的摩擦阻力实际上大于前端所受的摩擦阻力，从而导致冰壶球在顺时针旋转时朝右行进。

这就是冰壶球运动轨迹与玻璃杯运动轨迹截然不同的原因所在！

## § 2 刷冰过程中的科学

冰壶运动虽然也在冰面上开展，但其赛道冰面与冰球、花滑冰面不同，由于冰壶运动的一个重要环节是控制冰壶球运动，因此，需要对冰面进行特殊处理，以提供合适的摩擦力。冰壶赛道的冰面上有一层冰疙瘩，它是通过在冰面上喷洒水雾、然后水雾遇冷结冻形成的。冰壶球一般需要投掷大约 38 米远，而没有冰疙瘩的冰面会导致冰壶球旋转过大，使运动距离大幅度缩短。刷冰的目的是为了在冰壶即将到达的地方形成水膜，减小冰壶球运动时的摩擦阻力，使它跑得更直、更远。

不同的刷冰动作导致冰壶球前方冰面的发热形式不同，这便是冰壶运动中的刷冰技巧所在。刷冰过程中，当冰壶刷头部距离运动员双脚最近的时候，水平分力最小，冰壶刷头部对冰面施加的正压力最大，因此，在冰壶球左边或右边刷冰能够适当增加或减小摩擦力的不对称，从而增加或减小冰壶球的旋转程度，让冰壶球停在防卫球跟前、直接进入营垒中...总之，打出各种不同的战术球。

比赛中，刷冰战术非常重要，快速用力刷冰能改变冰壶球与冰面之间的摩擦力，那么，是不是刷冰越快、用力越大越好呢？经过实测，如果冰壶球以大约 2 米/秒的速度投出，那么它最多能够滑行 30 秒，显然，冰壶球在运动员刚刚松手时滑动最快，越过远端栏线进入营垒时速度最慢。增大冰壶刷对冰面的正压力能够产生更多热量，从而减小冰壶球与冰面之间的摩擦力；快速刷冰，即快速移动冰壶刷头部也能够增加热量、减小冰壶球和冰面之间的摩擦力。研究表明，正压力增加一倍，冰壶刷头部产生的热量增加两倍，刷冰速度增加一倍，产生的热量增加 1.55 倍，在同一块冰面上重复刷冰时热量在冰面上的传递效果最好。刷冰的目的就是要提高冰面温度，在冰壶刷反复刷冰的部位产生温升。一般来说，在同一块冰面上多次快速刷冰对于减小冰壶球与冰面之间的摩擦力来说，效果要好于施加更大的压力。

然而，实际情况是随着冰壶球速度的变化而变化的。如果冰壶球以 2 米/秒的速度运动，那么，如果采用传统刷冰形式、使用 20 厘米冰壶刷头、刷冰运动员在冰壶球正前方垂直于运动方向站立，这时，将需要每秒 10 次的刷冰速度才能保证冰壶刷头部在同一块冰面上刷冰次数达到一次以上。由于正压力越大越难实现快速刷冰，因此，在冰壶球运动速度较快时刷冰速度比刷冰力量更重要，刷冰对快速运动冰壶球来说作用也很小。然而，随着冰壶球的减速，对刷冰速度的要求也随之降低。当冰壶球以最慢速度到达营垒时，刷冰是最有效的，这时，较大正压力产生的影响要大于刷冰速度产生的影响，因为这时冰壶刷头部更容易在同一块冰面上多次刷冰。

刷冰过程中，如果冰壶刷头部纵轴方向平行于冰壶运动方向，则冰壶刷头部最有可能在同一块冰面上刷冰多次，实现最有效的刷冰。由于刷冰效果因冰壶球速度和刷冰形式的不同而不同，因此，刷冰技艺的学习和刷冰能力的训练是有一定难度的，如：四垒最需要训练的是对慢速运动冰壶球进行刷冰，因为在多数比赛中，他要刷冰的冰壶球位于赛道的营垒区域，而一垒和二垒更多时候是在冰壶向营垒运动过程中为快速运动的冰壶球刷冰；四垒会觉得使用正压力来减小冰壶球与冰面之间摩擦力更加有效，对他来说刷冰速度不是至关重要的，而其他队员在冰壶球运动很快时感觉快速刷冰更加有效，因此，为慢速运动冰壶球刷冰的三垒和四垒似乎应当更注重力量型刷冰训练，而为快速冰壶球刷冰的一垒和二垒则应当注重快速刷冰训练。