

创新·严谨·团结·奋进

当前位置：首页 > 科学传播 > 力学家园 > 释疑解惑

释疑解惑

【释疑解惑】冰壶运动的奥秘

发布时间：2024-04-02

《力学家园》编辑部：

今年冬季又出现了一个冰雪运动的高潮，不少冬奥会的馆场又举办了一些赛事，市民们也纷纷参与了各种冰雪活动。这使我们回忆起2022年北京冬奥会的盛况，特别是观看冰壶比赛的激动。能够再给我们介绍一点有关这项运动的知识吗？

几个中学生

2023年冬月

冰壶运动的奥秘

萤火

在冬奥会中，有这么一项运动，不靠“两把刷子”还真拿不到高分，它就是冰壶比赛。人们也喜欢把“冰壶”称作为“冰上国际象棋”，因为它展现了静动

结合的美妙以及取舍相宜的智慧。在冰壶比赛中，双方各有4人登场，按照顺序交叉投壶，每局中冰壶最接近圆心的一方得分，10局比赛得分多者获胜。



图1 2022年北京冬奥会冰壶赛道（图片来源：网络）

一般而言，在冰壶滑行的前四秒左右时间里，运动特性（轨迹，速度等）取决于投掷冰壶的运动员；而剩下的二十几秒里的冰壶滑行过程，则是由使用冰刷擦冰的运动员来控制的。然而在外界的观众看来，“擦冰员”就像在狂躁地“拖地”而已。这个动作如此重要吗？冰壶运动员为什么要一直擦地板？要知道，这可是冰壶运动的一个奥秘，它对比赛的胜负起着重要的作用。大家不要着急，让我从头讲起吧！





图2 擦冰员使用冰刷紧张地磨擦冰壶前方的冰面（图片来源：网络）

冰壶的起源

冰壶运动至今已有超过500年的悠久历史，一块在苏格兰发现的刻有1511年日期的冰壶石证明了这一点，它是到目前为止世界上发现最早的冰壶。现在，这个最古老的冰壶石被保存在苏格兰斯特林史密斯美术博物馆。



图3 刻有1511年日期的冰壶石（图片来源：网络）

当然，还有一种观点认为冰壶运动起源于欧洲大陆，其主要证据是在欧洲一些著名的画作中保存有人们在冰上玩类似于冰壶的游戏。但是，反对者

认为这些画作中所描绘的是另一种与冰壶有些相似的运动，这种游戏在奥地利仍能找到踪迹。



图4 比特布鲁格尔1565年完成的油画《冬景》（图片来源：网络）

尽管冰壶起源地存在争议，但毋庸置疑的是苏格兰对现代冰壶运动发展贡献最多，甚至还是冬奥会比赛所用冰壶的石质材料的最主要产地。

冰壶的材质是什么？

如上文提到的原因，目前正式比赛用的冰壶大部分采自苏格兰艾尔萨克雷格岛的花岗岩矿，这种石头不吸水并且不容易破碎，碰撞的弹性几乎完美，抗冲击性是一般花岗岩的三倍。这里，“弹性”和“抗冲击性”都是材料的力学特性。“弹性”是指材料在外力作用下发生形变,当外力撤销后能恢复原来大小和形状的性质；而“抗冲击性”则是指材料抵抗冲击载荷的能力。由于对材料力学性能有严格的要求，所以冰壶石的价格也不便宜，一个好的冰壶大约要12000元人民币。单支冰壶每个将近40斤重，不难折算出每斤单价是300元之多！



图5 其貌不扬但价格不菲的冰壶（图片来源：网络）

冰壶的赛道

冰壶比赛的赛道长45.72米、宽5米，上面覆盖了一层3厘米厚的冰，冰表面温度大约是零下8.5°C。但是，冰壶赛道与其他冰上项目冰面有完全不同的特点：一是赛道对水平度的要求特别高。有关研究表明，如果赛道有0.1毫米的倾斜，冰壶滑到终点就会产生80厘米的偏差。二是冰面并不光滑，而是布满“麻点”。你必须俯身细看，才能发现冰壶赛道的这个“秘密”。赛道上这些“麻点”可不是天然生成的，它们是由专业的制冰师为冰壶赛事“量身定制”的。在冬奥会冰壶比赛的间隙中，观众有时可以看到制冰师身背水箱、手握“花洒”，在冰面上均匀地喷洒细小水珠。这些水珠遇冷凝结为冰珠，形成了一个“麻点”。熟悉当天冰壶赛场上的冰面状况，是运动员们面临的第一个挑战。

^



图6 制冰师在冰壶赛道的冰面上喷洒水珠（图片来源：网络）

为什么呢？原来这些“麻点”是为了增大冰壶与冰面之间的摩擦力。这个摩擦力就是冰壶比赛的奥秘，它是决定冰壶比赛胜负的关键因素。具体而言，掷壶员主要决定冰壶在前4秒钟内的运动性能，而后面20秒钟的滑行期间就是依靠两位擦冰员通过不停地改变摩擦力来调整冰壶的运动轨迹。后者将决定冰壶的最终位置所在。

那么为何冰面麻点和摩擦力相关呢？关于摩擦，力学告诉我们如下知识：第一，两个互相接触的物体，当它们发生相对运动或具有相对运动趋势时，就会在接触面上产生阻碍相对运动或相对运动趋势的力，这种力叫做摩擦力。摩擦力的方向与物体相对运动的方向相反。第二，摩擦分为静摩擦、滚动摩擦、滑动摩擦三种，滑动摩擦和静摩擦比滚动摩擦产生的摩擦力要大。第三，摩擦力的大小与以下两个因素有关，首先是接触面承受的压力，压力越大，摩擦力越大；其次是接触面粗糙程度，粗糙度越大，摩擦力越大。

对于冰壶运动而言，起作用的是冰壶和冰面之间滑动摩擦。由于比赛双方的冰壶的重量相同（或者说，接触面承受的压力相同），影响摩擦力大小的就是冰面的粗糙度了。在力学中，可以采用表面轮廓的算术平均偏差 R_a 来定义表面粗糙度，它表征一个表面的凹凸不平的程度（参见图7所示）。所

以，我们就明白了为什么冰珠的尺寸大小会影响冰壶和冰面之间的摩擦力了。冰珠的尺寸越小，冰面的凹凸程度越低，摩擦力越小。

7.3 表面粗糙度参数及定义

7.3.1 轮廓算术平均偏差 R_a

在取样长度内轮廓偏距的算术平均值。

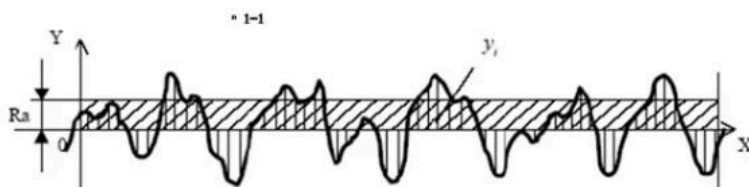


图7 表面粗糙度的定义（图片来源：网络）

冰壶比赛中的刷子有什么用处？

擦冰员改变冰面和冰壶间摩擦力的“武器”就是他们手中的那把刷子。观众以为他们在“拖地”，实际上他们是利用冰刷的往复运动来提高冰面的温度，这样可以使“麻点”冰珠的尺寸减小，从而降低冰壶与冰面之间的摩擦力，以此来控制冰壶的运动轨迹。按照比赛规则，冰壶从掷壶员那里脱手后就不允许任何人再碰触冰壶本体。所以想要对冰壶的滑行方向和距离进行二次调整，只得依靠“擦冰”或“刷冰”的手段。



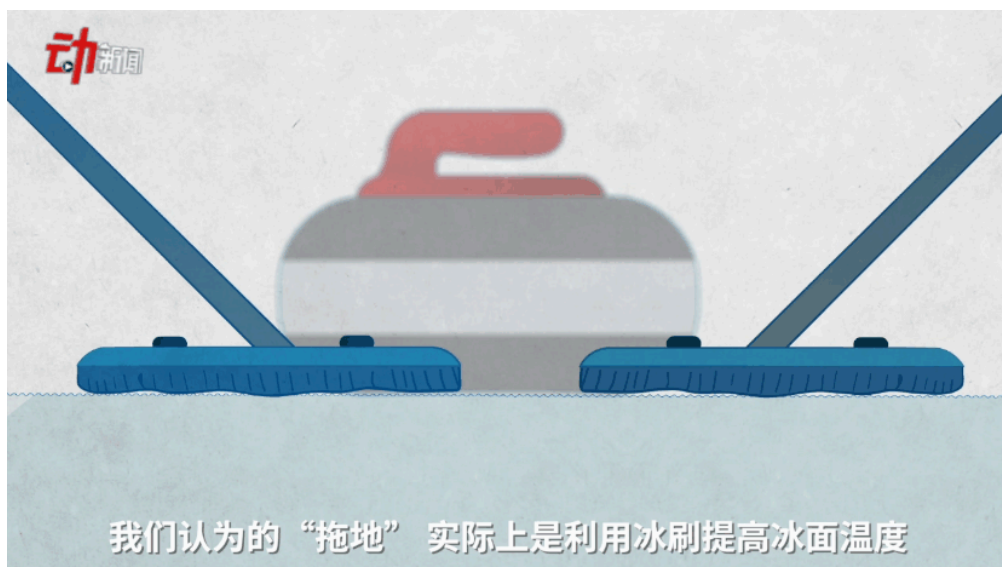


图7 冰刷在冰壶前方运动可以提高冰面温度、减小摩擦（图片来源：网络）

由于减少了冰壶和冰面之间的摩擦力，冰壶就可以前进得更远。这也可以用力学知识来说明：冰壶在运动时的动能是 $mv^2/2$ （其中 m 是质量， v 是速度），当它被摩擦完全消耗后就会停止下来，速度变为零。而摩擦力所做的功是 $f \cdot S$ （其中 f 是摩擦力， S 是运动距离）。所以，对于同样的冰壶运动初速度而言，摩擦越小，冰壶运动的距离越大。一般来说，使劲擦冰，可以使冰壶多滑行3到5米。据有关方面的统计分析数据，优秀的擦冰员可将冰面温度提高 $2.3^{\circ}\text{C} \sim 2.4^{\circ}\text{C}$ ，从而让冰壶多运行8米，而一般的业余选手能多前进2米就很不错了。但要达到优异的效果，擦冰员必须同时拥有力量和频率，并且冰壶速度越快擦冰频率也要加快。有些读者可能会觉得这有什么难的？下面我们来举个例子感受一下。如果冰壶的运动速度为2米/秒，使用一个典型的20厘米的刷头进行擦冰，要想改变冰壶的速度，擦冰的频率要达到10次/秒。这是什么概念？人们快速眨眼睛的话，1秒钟最多只能眨眼7次。擦冰员就是典型的“手比眼快”。一场比赛下来，擦冰员的心率会高达168左右，这个运动强度相当于平常人10分钟跑了2000米下来的心率。

^



图8 擦冰动作可以改变冰壶运动的方向（图片来源：网络）

我们在冰壶赛场上，还可以看到每次总有主、副两名擦冰员在工作。他们分列在冰壶的两侧，主擦冰员的冰刷更加贴近冰壶。一般而言，他们刷冰的位置并不是冰壶的正前方，而是偏向一侧。这样做的目的是调整冰壶的运动方向（或者说，运动轨迹），因为冰壶总是选择摩擦力小的路径前进的。

名副其实的“冰上国际象棋”

在刷冰的过程中，擦冰员还要接收来自队长传达的指令，随时调整策略。由于距离较远，声音必须够响亮，这也就是为什么我们时常看到大本营一端的队长有时会喊“Hurry”或者“哈”，就是发现投壶力度不够，提醒擦冰队员加大擦冰力度，让冰壶滑行得更远。这往往成为比赛现场气氛最热烈的环节。





图9 冰壶队长在向擦冰员发送指令（图片来源：网络）

如你所见，从战术制定到巧妙地掷球、刷冰，冰壶比赛是一项极其讲究策略和技巧的高脑力运动，也难怪它被称为“冰上国际象棋”了。

参考文献

- [1] https://mp.weixin.qq.com/s/2C_PaPfGxC8zr7EntA938A
- [2] <https://mp.weixin.qq.com/s/kOXRJAnOSP8rsWQQ2QjgTg>
- [3] https://mp.weixin.qq.com/s/mC6z1DGw7Uc_DxTGcsVppw
- [4] https://mp.weixin.qq.com/s/MUiWg56cbZ3JkLWZSb_-nA
- [5] <https://mp.weixin.qq.com/s/vNtvNFBTYAWsApOnZpsIIQ>

上一篇：【释疑解惑】风洞究竟是什么？

下一篇：【释疑解惑】漫谈3D打印技术



版权所有 © 2024 中国科学院力学研究所 京ICP备05002803号-1 京公网安备110402500049

地址：北京市北四环西路15号 邮政编码：100190

