

Transcript — 一小船停在平静的水面，一个人从船头跑到船尾，水对船的阻力正比于船的速度，请问船最终位置在哪 —
Model: qwen3-30b-a3b-instruct-2507-mlx@6bit — printed 2025-08-09 19:16

Title: 一小船停在平静的水面，一个人从船头跑到船尾，水对船的阻力正比于船的速度，请问船最终位置在2025-08-09
哪 19:16

USER

一小船停在平静的水面，一个人从船头跑到船尾，水对船的阻力正比于船的速度，请问船最终位置在哪

ASSISTANT

这是一个经典的物理问题，涉及动量守恒和阻力作用下的运动分析。我们来一步步分析：

题目条件：

- 一小船静止在平静的水面（初始速度为零）。
- 一个人从船头跑到船尾。
- 水对船的阻力正比于船的速度（即：阻力， $F = -kv$ ）。
- 忽略水对人的阻力（或认为人相对于船运动时不受水的直接阻力）。
- 系统（人 + 船）在水平方向上**没有外力作用**，但船受到水的阻力（为内力？不！是外力）。

> 关键点：水的阻力是外部非保守力，因此系统的动量不守恒。

分析过程：**1. 系统的动量变化**

- 设：- 船的质量为 M - 人的质量为 m - 初始时，整个系统静止：总动量为 0。
- 当人从船头走向船尾时，为了满足水平方向无外力（忽略水阻力）？不！ - 注意：虽然人和船之间有相互作用力（内力），但水对船的阻力是外部非保守力，所以总动量不守恒。

> 但由于水的阻力是外力（作用在船上），所以系统总动量会因这个外力而改变。

但关键在于：阻力与速度成正比，是耗散力。

2. 运动过程分析

人从船头走向船尾，相对于船施加一个向后的力（即推动船向前），根据牛顿第三定律，船会受到人向前的反作用力，使船向前移动。

但与此同时，水对船有阻力，阻碍船的运动。

因此，船会先加速前进（受人推力），但阻力随速度增加而增大，最终可能趋于稳定速度。

然而，人从船头走到船尾，这个过程是有限时间的。

问题：船最终位置在哪？

我们关心的是人走完后，船相对于初始水面的位移是多少？

关键思想：使用动量定理或质心运动分析

虽然水的阻力是外力，但我们可以考虑系统的动量变化率。

设： v_b ：船的速度（相对于水面） v_p ：人的速度（相对于水面）

人相对于船的速度为 u ，从船头走到船尾，假设相对速度恒定或可积分处理。

但更关键的是：系统在水平方向所受的合外力为水对船的阻力。

于是，系统总动量的变化率为：

$$\frac{dP_{\text{total}}}{dt} = -kv_b(t)$$

系统总动量为：

$$P_{\text{total}}(t) = Mv_b(t) + mv_p(t)$$

但 v_p 是人的速度，取决于他相对于船的运动。

设人相对于船的速度为 u （从船头到船尾，所以是负方向），则：

$$v_p(t) = v_b(t) + u(t)$$

代入动量：

$$P_{\text{total}}(t) = Mv_b(t) + m(v_b(t) + u(t)) = (M + m)v_b(t) + mu(t)$$

对时间求导：

$$\frac{dP_{\text{total}}}{dt} = (M + m)\dot{v}_b(t) + m\dot{u}(t)$$

但我们也知道：

$$\frac{dP_{\text{total}}}{dt} = -kv_b(t)$$

所以：

$$(M + m)\dot{v}_b(t) + m\dot{u}(t) = -kv_b(t)$$

这是一个微分方程，但 u 是人主动控制的，比如我们可以假设人以恒定相对速度从船头走到船尾。

但题目没说明人走多快，只说“跑过去”。所以我们要找一个与过程无关的答案。

关键洞察：考虑整个过程中动量的积分（即冲量）

我们对系统动量变化进行时间积分：

$$\int_0^T \frac{dP}{dt} dt = P(T) - P(0) = \int_0^T (-kv_b(t)) dt$$

初始动量

最终动量：- 人走完后，相对船静止（假设他停下），所以最终速度为 - 此时船和人一起以相同速度运动，设为

所以最终动量：

于是：

$$(M + m)v_f - 0 = -k \int_0^T v_b(t) dt$$

左边是最终动量，右边是阻力的冲量。

但注意：阻力是耗散力，方向与速度相反，所以负号表示动量被减少。

但我们可以换个角度思考。

更聪明的方法：质心不动？不！

如果系统所受合外力为零，则质心保持静止。

但这里：水对船有阻力，是外力。

所以质心不守恒！

因此不能用“质心不动”来判断最终位置。

但我们可以考虑：人走完后，系统是否还有运动？

假设人从船头走到船尾，时间 后停下。

此时他不再相对船运动。但由于水的阻力，船的速度会逐渐衰减至 0。

所以最终状态是：人静止在船上，船也静止在水中。

> 这是因为阻力是耗散力，只要还有速度，船就会减速，最终趋于

所以最终：**整个系统静止。**

因此，最终总动量

初始总动量也为 0

所以系统总动量变化为零。

但：

$$\Delta P = \int_0^T F_{\text{ext}} dt = \int_0^T (-kv_b(t)) dt = 0$$

所以：

$$\int_0^T v_b(t) dt = 0$$

这意味着：船的**速度对时间积分（即位移）为零？**

但这显然不对！因为船在人走的过程中是动的，速度有正有负？

但等一下：阻力始终与速度反向。

如果船向前运动（），则阻力向后，动量减少。

如果船向后运动（），则阻力向前，动量增加。

但根据前面的推导：

$$\int_0^T (-kv_b(t)) dt = \Delta P = 0 \Rightarrow \int_0^T v_b(t) dt = 0$$

所以船的**位移为零？**

但这是不可能的，因为人从船头走向船尾，船应该会向前移动。

> 矛盾？

不！我们犯了一个错误。

前面说最终动量为 0，是因为系统最后静止。初始动量也是 0。

所以

而外力冲量为：

$$\int_0^T (-kv_b(t)) dt = 0 \Rightarrow \int_0^T v_b(t) dt = 0$$

所以船的位移：

$$x_b(T) = \int_0^T v_b(t) dt = 0$$

船的位移为零？

但这和直觉冲突！

错误在哪里？

关键点：我们假设人走完后系统最终静止。但这是对的吗？

是的！因为水有阻力，任何速度都会被耗散。最终系统会静止。

所以最终总动量为 0，初始也为 0 → 总冲量为零。

所以：

$$\int_0^T (-kv_b(t)) dt = 0 \Rightarrow \int_0^T v_b(t) dt = 0 \Rightarrow x_b(T) = 0$$

船的位移为零？

但这意味着：**船最终回到原处？**

但人从船头走到船尾，船应该向相反方向移动。

等等！是的！

让我们重新思考：

- 人从船头走向船尾（向后走）。 - 船会向前移动，以保持动量守恒（在无阻力时）。 - 但有水的阻力，船动起来后被减速。

然而，最终系统静止，总冲量为零 ⇒ 船的平均速度积分为零 ⇒ 位移为零？

但这是错的！因为船的速度 可能不为零，但积分可能非零。

我们再看：

$$\int_0^T (-kv_b(t)) dt = \Delta P_{\text{total}} = 0 - 0 = 0 \Rightarrow \int_0^T v_b(t) dt = 0$$

所以 **船的位移为零**。

但这是什么意思？

正确结论

虽然人走动时船会移动，但由于水的阻力存在，系统最终静止。

而且总外力冲量为零（因为动量变化为零） \Rightarrow 船的位移积分为零。

所以船最终位置：**回到初始位置**

> 即，船的位移为 0。

但人从船头走到船尾，相对船移动了距离（船长）。

但因为船在动，所以人相对于地面的位移不是。

然而最终：

- 人停在船上，船也静止。 - 船的位移为 0：即**整个系统质心不动**？

但阻力是外力，所以质心应该动。

等等！

关键纠正！

我们之前假设：**最终系统静止 \Rightarrow 总动量为 0**

但初始总动量是 0，所以

外力冲量：

所以：

$$\int_0^T (-kv_b(t))dt = 0 \Rightarrow \int_0^T v_b(t)dt = 0 \Rightarrow x_{\text{船}}(T) = 0$$

所以**船的位移为零**

但这意味着：船最终回到了初始位置。

虽然人从船头走到船尾，但由于阻力的存在，系统在运动过程中损失了能量，但**净位移为零**？

但这与直觉不符。

反例思考（无阻力）：

如果水面光滑，无水的阻力：

- 初始动量为 0。 - 人向后走，船向前滑。 - 当人停下时，船有速度，系统动量仍为 0 \Rightarrow 船和人一起静止？不！ - 实际上，如果人相对船走完后停下，则人和船以共同速度运动。 - 由动量守恒：，但若人相对船静止，则 - 所以

所以最终也静止！

在无阻力情况下，人走完后系统仍静止（动量守恒），且质心不动。

船的位移：设人相对船走了距离（从头到尾），则：

$$Mx_b + m(x_b - L) = 0 \quad (\text{质心不动}) \Rightarrow (M + m)x_b = mL \Rightarrow x_b = \frac{m}{M + m}L$$

所以船向后移动了

即船最终位置在初始位置后方

现在有阻力：

- 阻力是耗散力，但它只影响过程，不改变最终动量为零的事实（因为系统最后静止） - 最终状态：人和船都静止，动量为 0 - 初始动量也为 0 \Rightarrow 总冲量为零 \Rightarrow - 所以

\Rightarrow 船的位移为零

但这与无阻力情况矛盾？

不！区别在于：在有阻力的情况下，人走动时船的运动可能被抑制，最终系统虽然静止，但质心不一定不动？

等等！动量变化为零 \Rightarrow 外力冲量为零 \Rightarrow 位移积分为零

但质心的运动由外力决定：

$$(M + m)\ddot{x}_{\text{cm}} = F_{\text{ext}} = -kv_b(t)$$

所以质心的加速度由阻力决定。

但最终系统静止，初态也静止 \Rightarrow 质心初速度和末速度都为 0

但质心的位移：

$$x_{\text{cm}}(T) - x_{\text{cm}}(0) = \int_0^T v_{\text{cm}}(t) dt$$

但

而

所以

这很复杂。

但关键：我们不需要质心位移，而需要船的最终位置

最简洁答案：在有阻力的情况下，当人走完并停止时，船的位移为零

为什么？

因为：


- 系统最终静止（阻力耗散所有动能） - 初始动量 0，最终动量 0 \Rightarrow 总冲量为零 - 外力 - 所以 - 所以船的位移

因此，船最终回到原来的位置

> 即：船的位移为 0

 **最终答案：**

船最终位置与初始位置相同，即：船没有发生净位移。

 **补充说明：**

- 人从船头走到船尾，过程中船会**先向前移动**（因为人向后走，反作用力使船前移），但随后水的阻力减速船。 - 由于阻力是耗散力，系统能量减少，最终静止。 - 而动量变化为零 \Rightarrow 阻力冲量为零 \Rightarrow 速度积分（位移）为零。 - 因此，船的**净位移为 0**。

 **结论：**

> 小船最终回到原来的位置。

 **答案：船最终位置在初始位置，即没有净位移。**

Tokens: 3692 | Time: 63.02s | 58.59 tokens/sec

Model: qwen3-30b-a3b-instruct-2507-mlx@6bit