

运用图像法巧解滑块—木板模型问题

——以 2015 年高考新课标全国卷 I 压轴题为例

黄尚波

(福建省南安市侨光中学, 福建 泉州 362314)

滑块—木板模型是高中生常见的一类力学基本模型, 基于该模型设计的考题具有情境丰富, 设问灵活, 解法多样, 思维能力要求高等特点, 能全面考查学生的分析综合能力, 是一类选拔功能极强的试题, 常常成为高考命题的重点和热点。由于该模型涉及的研究对象运动过程复杂、运动条件隐蔽, 常使学生感到“手忙脚乱”、“顾此失彼”, 是学生普遍感到“畏惧”的一类试题, 2015 年高考新课标全国卷 I 的压轴题便属于此类问题。求解这类问题, 若采用常规方法, 解答步骤多, 过程稍显繁杂, 而运用速度—时间图像的图像法来分析, 可大大简化解题流程, 从而使问题迅速得解。现以 2015 年高考新课标全国卷 I 压轴题为例, 说明图像法在解答滑块—木板模型问题的简化作用。

题目. (2015 年高考新课标全国卷 I 第 25 题) 一长木板置于粗糙水平地面上, 木板左端放置一小物块, 在木板右方有一墙壁, 木板右端与墙壁的距离为 4.5 m, 如图 1(a)所示。t=0 时刻开始, 小物块与木板一起以共同速度向右运动, 直至 t=1 s 时木板与墙壁碰撞 (碰撞时间极短)。碰撞前后木板速度大小不变, 方向相反; 运动过程中小物块始终未离开木板。已知碰撞后 1 s 时间内小物块的 v-t 图线如图 1(b)所示。木板的质量是小物块质量的 15 倍, 重力加速度大小 g 取 10 m/s²。求:

- (1) 木板与地面间的动摩擦因数 μ_1 及小物块与木板间的动摩擦因数 μ_2 ;
- (2) 木板的最小长度;
- (3) 木板右端离墙壁的最终距离。

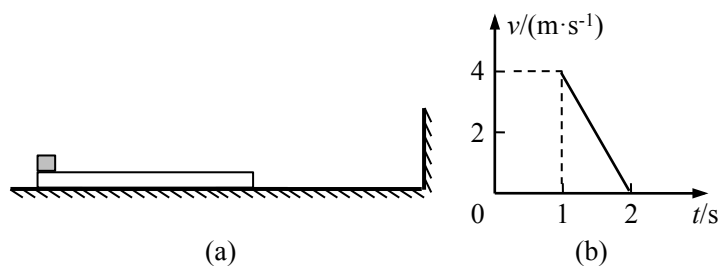


图 1

解析: (1) 木板与墙壁相碰前, 小物块与木板一起向右做匀减速运动, 两者运动的 $v-t$ 图像如图 2 中的线段 AB, 由题意可知线段 AB 与横轴所围阴影部分的面积为 $s_0=4.5$ m。设两者的加速度大小为 a , 小物块和木板的质量分别为 m 和 M , 由牛顿第二定律有

$$\mu_1(m+M)g = (m+M)a \quad (1)$$

由几何关系可得

$$s_0 = \frac{1}{2}[v + (at_1 + v)]t_1 \quad (2)$$

式中, $v=4$ m/s 是木板与墙壁碰前瞬间的速率, $t_1=1$ s 是该过程的时间, 联立 (1) (2) 式解得

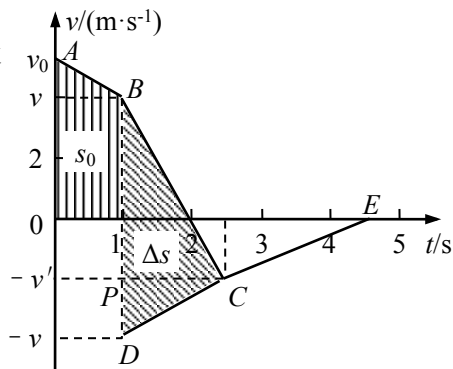


图 2

$$\mu_1=0.1$$

木板与墙壁碰撞后,小物块向右做匀变速运动,其 $v-t$ 图像如图 2 中的线段 BC , 设小物块的加速度大小为 a_2 , 则由图像得

$$a_2 = \frac{v}{t_2 - t_1} \quad (3)$$

式中, $t_2=2$ s。由牛顿第二定律有

$$\mu_2 mg = ma_2 \quad (4)$$

联立 (3) (4) 式解得

$$\mu_2=0.4$$

(2) 碰后木板向左做匀减速运动, 设其运动的加速度大小为 a_1 , 其 $v-t$ 图像如图 2 中的线段 CD , 与小物块在该时间段内的 $v-t$ 图像相交于 C 点, 交点 C 表示木板和小物块刚好具有共同的速度, 设该速度大小为 v' 。过 C 点作 BD 的垂线 CP , 如图 2, 由几何关系有

$$\frac{\overline{PC}}{\overline{PD}} = \frac{\overline{PD}}{a_1} = \frac{v-v'}{a_1} \quad (5)$$

$$\overline{BD} = \overline{PB} + \overline{PD} = \overline{PC} \cdot a_2 + (v-v') = 2v \quad (6)$$

对木板由牛顿第二定律有

$$\mu_2 mg + \mu_1 (m+M)g = Ma_1 \quad (7)$$

联立 (3) (5) ~ (7) 式及题给条件得

$$v'=2 \text{ m/s}, \quad \overline{PC}=1.5 \text{ s}。$$

碰后到两物体刚好达到共同速度的过程中, 两物体位移差的大小 Δs 即小物块相对木板滑动的距离为 $v-t$ 图像中 $\triangle BCD$ 的面积, 由几何关系得

$$\Delta s = \frac{1}{2} \overline{BD} \cdot \overline{PC}$$

上式代入数值计算得 $\Delta s=6.0$ m。

因为小物块始终未脱离木板, 故木板的最小长度为 6.0 m。

(3) 在小物块与木板具有共同速度后, 两者向左做匀减速运动直至停止, 该过程的 $v-t$ 图像如图 2 中的线段 CE , 设该过程两者运动的加速度大小为 a' , 由牛顿第二定律有

$$\mu_1 (m+M)g = (m+M)a' \quad (8)$$

碰后木板向左运动的距离 s 即为 $v-t$ 图像中线段 CD 和 CE 与横轴包围的面积之和, 故有

$$s = \frac{1}{2} (v'+v) \cdot \overline{PC} + \frac{1}{2} v' \cdot \frac{v'}{a'} \quad (9)$$

联立 (8) (9) 式, 并代入数值计算得

$$s=6.5 \text{ m}。$$

因此木板右端离墙壁的最终距离为 6.5 m。

通过以上分析不难看出, 运用图像法求解滑块—木板模型问题具有直观形象、简化运算和优化解题过程的优点。因此在处理滑块—木板模型问题中, 若发现采用常规方法无法解决或者解答较为繁琐时, 此时可以尝试应用图像法求解。值得注意的是, 近两年来频繁出现以滑块—木板模型作为压轴题的高考题, 如

2015 年新课标全国卷 II 第 25 题、2014 年安徽卷第 24 题、2013 年全国卷 II 第 25 题等，这些题目均可以采用图像法而迅速得解。因此该模型高考备考中应引起足够的重视，教师应引导学生归纳总结得到该模型问题的分析技巧和解题方法，建议教师可选用近年来的这类经典考题对学生进行变式训练，从而提高学生分析和处理该模型问题的能力，让学生体会图像法在解题中的简化功效，培养学生应用图像法处理复杂物理问题的能力。