

3.4 动力学中的“传送带”模型

一、水平放置的传送带

1.如图所示，水平传送带两轮 A、B 间距 L 足够长，传送带以速度 $v=2\text{m/s}$ 沿顺时针方向匀速转动。现有一物体以水平速度 $v_0=0$ 由 A 端放上传送带，设物体与传送带间滑动摩擦因数为 $\mu=0.1$ ($g=10\text{m/s}^2$)。求：

(1) 物体在加速阶段的位移 S_1 ；

(2) 物体在传送带上留下痕迹的长度 (假设物体在传送带上滑动时能留下痕迹)



【变式训练 1】若 $L=1.28\text{m}$ ，原题其他条件不变，求物体从 A 运动到 B 的时间 t 。

【变式训练 2】若 $L=8\text{m}$ ，原题其他条件不变，求物体从 A 运动到 B 的时间 t 。

【变式训练 3】若 $L=8\text{m}$ ， $v_0=3\text{m/s}$ ，原题其他条件不变，求物体从 A 运动到 B 的时间 t 。

【变式训练 4】若 $L=8\text{m}$ ， $v_0=5\text{m/s}$ 原题其他条件不变，求物体从 A 运动到 B 的时间 t 。

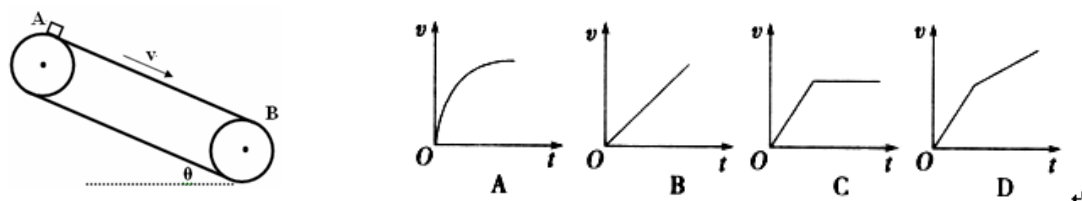
【变式训练 5】如图所示，水平传送带两轮 A、B 间距 $L=8\text{m}$ ，传送带以速度 $v=2\text{m/s}$ 沿逆时针方向匀速转动。现有一物体以水平速度 $v_0=5\text{m/s}$ 由 A 端滑上传送带，设物体与传送带间滑动摩擦因数为 $\mu=0.1$ ($g=10\text{m/s}^2$)，求物块将从传送带哪端离开，离开时速度多大？



【变式训练 6】在变式 5 中，若 $L=15\text{m}$ ，其他条件不变，在物块将从传送带哪端离开，离开时速度多大？

二、倾斜放置的传送带

2. 如图所示，与水平面夹角为 θ 的传送带两轮 A、B 间距 L 足够长，传送带以速度 v 沿顺时针方向匀速转动。现有一物体以水平速度 $v_0=0$ 由 A 端放上传送带，设物体与传送带间滑动摩擦因数为 μ ，请回答以下问题：

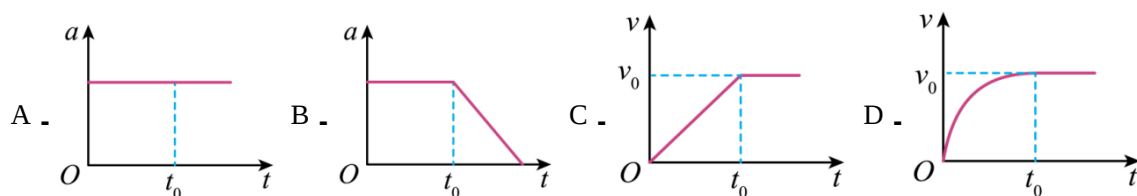
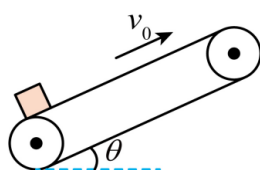


① 若 $\mu > \tan\theta$ ，物体运动的 $v-t$ 图为上图中的_____；

② 若 $\mu < \tan\theta$ ，物体运动的 $v-t$ 图为上图中的_____；

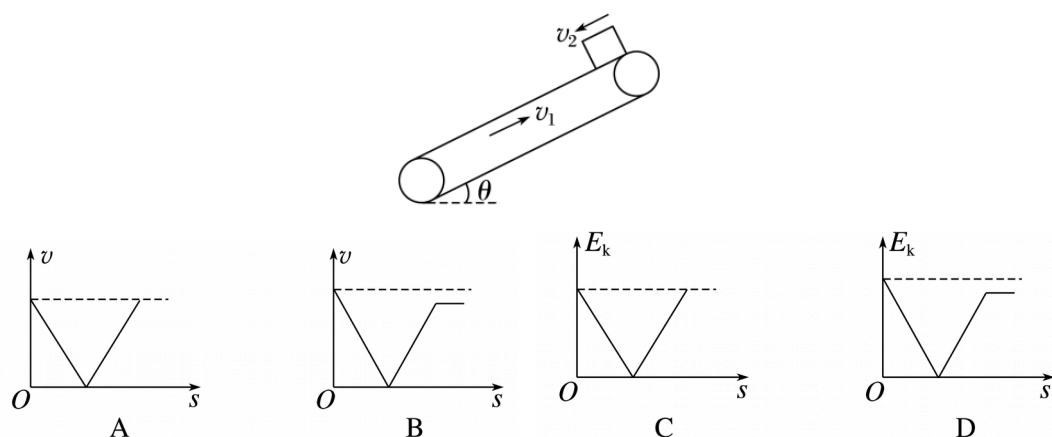
③ 若 $\mu < \tan\theta$ ，传送带沿逆时针方向旋转，物体运动的 $v-t$ 图为上图中的_____。

3. (2024·安徽省高考真题) 倾角为 θ 的传送带以恒定速率 v_0 顺时针转动。 $t=0$ 时在传送带底端无初速轻放一小物块，如图所示。 t_0 时刻物块运动到传送带中间某位置，速度达到 v_0 。不计空气阻力，则物块从传送带底端运动到顶端的过程中，加速度 a 、速度 v 随时间 t 变化的关系图线可能正确的是 ()



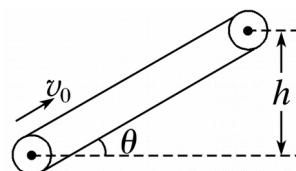
三、传动带中的能量问题

4. (2025·广东肇庆市二模) 如图所示, 足够长的传送带倾角为 θ , 以恒定速率 v_1 沿顺时针方向转动。一物块从传送带顶端以初速度 v_2 沿传送带向下滑上传送带, 已知 $v_2 > v_1$, 物块与传送带间的动摩擦因数 $\mu > \tan \theta$ 。以物块刚滑上传送带的位置为起点, 则物块的速率 v 和动能 E_k 与路程 s 的关系图像可能正确的是 ()

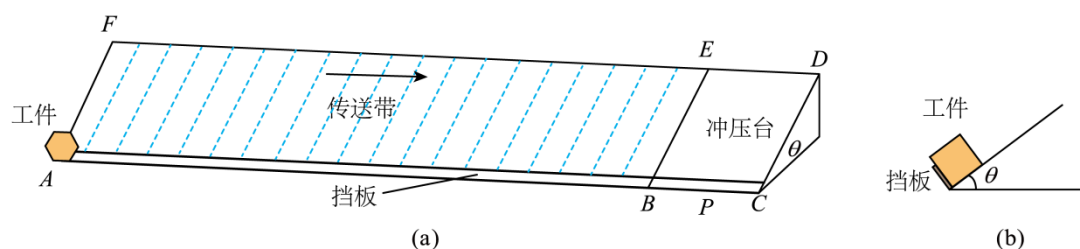


5. 如图所示, 绷紧的传送带与水平面的夹角 $\theta = 30^\circ$, 皮带在电动机的带动下, 始终保持 $v_0 = 2 \text{ m/s}$ 的速率顺时针运行。现把一质量为 $m = 10 \text{ kg}$ 的工件 (可看为质点) 轻轻放在皮带的底端, 经时间 1.9 s , 工件被传送到 $h = 1.5 \text{ m}$ 的高处, g 取 10 m/s^2 。求:

- (1) 工件做加速运动的位移大小;
- (2) 工件与皮带间的动摩擦因数;
- (3) 此过程中摩擦力对工件做的功;
- (4) 电动机由于传送工件多消耗的电能。



6. (2026·广州市二模) 图 (a) 是用于工件加工的送料冲压机工作区示意图, 矩形区域 $ABEF$ 为可调速的传送带、矩形区域 $BCDE$ 为固定冲压台, 传送带和冲压台在同一平面内, 且与水平面夹角 $\theta = 37^\circ$ 。固定挡板与 $ACDF$ 面垂直交于 ABC , ABC 在水平面内, 且 AB 长 $L_1 = 2.0\text{m}$, BC 长 $L_2 = 0.4\text{m}$ 。 P 为 BC 的中点, 每次工件停在 P 点时被瞬间冲压。图 (b) 是工件运动的侧视图。调节传送带速度为 v_1 , 工件甲从 A 点滑上传送带, 恰好停在 P 点。调节传送带速度为 v_2 , 工件乙从 A 点滑上传送带, 在 P 点与甲碰撞, 碰后乙停止, 甲滑出冲压台, 后续工件重复乙的运动和冲压过程。已知工件质量均为 $m = 0.5\text{kg}$, 滑入传送带和滑出冲压台的速度均为 $v_0 = 0.8\text{m/s}$; 工件与传送带、冲压台间动摩擦因数均为 $\mu_1 = 0.5$, 与挡板间动摩擦因数 $\mu_2 = 0.4$, 工件尺寸忽略不计且运动过程中与挡板间弹力视为不变; 重力加速度取 $g = 10\text{m/s}^2$, $\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$ 。



- (1) 求工件在冲压台上滑行时, 冲压台和挡板对工件弹力 N_1 、 N_2 的大小;
- (2) 求工件在冲压台上滑行的加速度大小, 及传送带速度 v_1 、 v_2 的大小;
- (3) 现有 n 个工件, 要全部完成送料冲压, 求发动机对传送带多做的功。

3.4 动力学中的“传送带”模型（参考答案）

1(1) 物块匀加速阶段： $\mu mg = ma, S_1 = \frac{v^2}{2a}$ 得 $S_1 = 2m$

(2) $t = \frac{v}{a}$ 得 $t = 2s$

对传送带： $S_2 = vt$ 得 $S_2 = 4m$

痕迹长度： $\Delta S = S_2 - S_1 = 2m$

【变式训练 1】由于 $L < S_1$ ，物块全程匀加速 $L = \frac{1}{2}at^2$ 得 $t = 1.6s$

【变式训练 2】由于 $L > S_1$ ，物块先匀加速，共速后匀速

匀加速： $t_1 = \frac{v}{a}$ 得 $t_1 = 2s$

匀速： $t_2 = \frac{L - S_1}{v} = 3s$

$t = t_1 + t_2 = 5s$

【变式训练 3】由于 $v_0 > v$ ，物块先匀减速

匀减速： $t_1 = \frac{v_0 - v}{a}$ 得 $t_1 = 1s, S_1 = \frac{v_0^2 - v^2}{2a} = 2.5m$

再匀速： $t_2 = \frac{L - S_1}{v} = 2.75s$

$t = t_1 + t_2 = 3.75s$

【变式训练 4】由于 $v_0 > v$ ，物块先匀减速

匀减速到共速时： $S_1 = \frac{v_0^2 - v^2}{2a} = 10.5m > L$

物块还未共速就从 B 端掉落

由 $L = v_0 t - \frac{1}{2}at^2$ 得 $t = 2s$ 或 $t = 8s$

减速至零的时间 $t_0 = \frac{v_0}{a} = 5s$

因此 $t = 2s$

【变式训练 5】由于 $L < S_1$ ，物块全程匀减速，从 B 端离开

由 $v_1^2 - v_0^2 = -2aL$ 得 $v_1 = 3\text{m/s}$

【变式训练 6】 由于 $L > S_1$ ，物块先匀减速到零，再反向匀加速至共速，将从 A 端离开
离开时与传送带速度相等为 2m/s

2. C D B

3.C

【详解】 $0 \sim t_0$ 时间内：物体轻放在传送带上，做加速运动。受力分析可知，物体受重力、支持力、滑动摩擦力，滑动摩擦力大于重力的下滑分力，合力不变，故做匀加速运动。

t_0 之后：当物块速度与传送带相同时，静摩擦力与重力的下滑分力相等，加速度突变为零，物块做匀速直线运动。

C 正确，ABD 错误。故选 C。

4.D

解析 由于 $\mu > \tan \theta$ ，则物块先沿传送带向下做匀减速运动，合力大小 $F_{\text{合}} = \mu mg \cos \theta - mg \sin \theta$ ，方向沿传送带向上，速度减为零后物块沿传送带向上做匀加速运动，合力大小 $F_{\text{合}}' = \mu mg \cos \theta - mg \sin \theta$ ，方向沿传送带向上。因为 $v_2 > v_1$ ，所以物块沿传送带向上运动到与传送带速度相同后，与传送带一

起相对静止向上做匀速运动，此时物块所受合力为零，减速阶段有 $v_2^2 - v^2 = 2as$ ，得 $v^2 = -2as +$

v_2^2 ，加速阶段有 $v^2 = 2a(s - s_{\text{减}})$ ，所以速率 v 与 s 的关系图像不是直线，故 A、B 错误；在减速阶

段，由动能定理得 $F_{\text{合}} \cdot \Delta s = |\Delta E_k|$ ，即 $|\frac{\Delta E_k}{\Delta s}| = F_{\text{合}}$ ，可知物块在减速阶段的 $E_k - s$ 的图像斜率的绝对值为合力大小，动能减小过程和动能增加过程，图像的斜率绝对值相等，最后物块的动能小于初动能，故 C 错误，D 正确。

5. (1) 0.8 m (2) $\frac{\sqrt{3}}{2}$ (3) 170 J (4) 230 J

解析 (1)设工件匀加速运动的时间为 t_1 , 匀速运动的时间为 t_2 , 则有 $t_1+t_2=1.9\text{ s}$, 工件匀加速阶段

通过的位移大小为 $s_1=\frac{v_0}{2}t_1$, 工件匀速阶段通过的位移大小为 $s_2=v_0t_2$, 又 $s_1+s_2=\frac{h}{\sin\theta}=3\text{ m}$,

联立解得 $t_1=0.8\text{ s}$, $t_2=1.1\text{ s}$ 。 则工件做加速运动的位移大小为 $s_1=\frac{v_0}{2}t_1=\frac{2}{2}\times 0.8\text{ m}=0.8\text{ m}$ 。

(2)工件加速阶段的加速度大小为 $a=\frac{v_0}{t_1}=2.5\text{ m/s}^2$

由牛顿第二定律有 $\mu mg\cos\theta-mg\sin\theta=ma$

解得工件与皮带间的动摩擦因数为 $\mu=\frac{\sqrt{3}}{2}$ 。

(3)方法一 对工件由动能定理有 $W_f-mgh=\frac{1}{2}mv_0^2$, 得 $W_f=170\text{ J}$

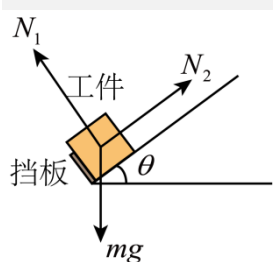
方法二 $W_f=\mu mg\cos\theta\cdot s_1+mg\sin\theta\cdot s_2$, 得 $W_f=170\text{ J}$ 。

(4)在时间 t_1 内 , 传送带运动的位移大小 $s_{\text{传}}=v_0t_1=1.6\text{ m}$, 在时间 t_1 内 , 工件相对传送带的位移大小 $s_{\text{相}}=s_{\text{传}}-s_1=0.8\text{ m}$, 在时间 t_1 内 , 因摩擦产生的热量为 $Q=\mu mg\cos\theta\cdot s_{\text{相}}=60\text{ J}$, 最终工件获得的动能为

$E_k=\frac{1}{2}mv_0^2=20\text{ J}$, 工件增加的重力势能为 $\Delta E_p=mgh=150\text{ J}$, 根据能量守恒可知 , 电动机由于传送工件多消耗的电能为 $E=Q+E_k+\Delta E_p=230\text{ J}$ 。

6.(1) $N_1=4\text{ N}$, $N_2=3\text{ N}$ (2) $a=6.4\text{ m/s}^2$, $v_1=1.6\text{ m/s}$, $v_2=2.4\text{ m/s}$ (3) $(5.28n-2)\text{ J}$

【详解】(1)对工件受力分析如图



根据平衡条件有 $N_1=mg\cos\theta=4\text{ N}$, $N_2=mg\sin\theta=3\text{ N}$

(2)冲压台上工件水平方向受到冲压台和挡板两个摩擦力 , 由牛顿第二定律可有

$$\mu_1 N_1 + \mu_2 N_2 = ma_1$$

联立解得 $a_1 = 6.4 \text{ m/s}^2$

设工件甲进入冲压台的速度为 $v_{\text{甲}}$ ，进入冲压台到停在 P 点，则有 $v_{\text{甲}}^2 = 2a_1 \times \frac{L_2}{2}$

解得 $v_{\text{甲}} = 1.6 \text{ m/s}$

工件甲乙碰前，乙的速度为 v ，碰后甲的速度为 v' ，碰撞过程动量守恒，则有 $mv = mv'$

解得 $v' = v$

设工件乙进入冲压台的速度为 $v_{\text{乙}}$ ，则有 $v_{\text{乙}}^2 - v^2 = 2a_1 L_2$

传送带上加速时有 $\mu_1 N_1 - \mu_2 N_2 = ma_2$

联立解得 $a_2 = 1.6 \text{ m/s}^2$

若在传送带上全程加速有 $v_m^2 - v_0^2 = 2a_2 L_1$

联立解得 $v_m = \frac{\sqrt{176}}{5} \text{ m/s}$

因为 $v_m > v_{\text{甲}}$ 且 $v_m > v$ ，所以工件离开传送带的速度即传送带的速度，也即 $v_1 = 1.6 \text{ m/s}$ ， $v_2 = 2.4 \text{ m/s}$ 。

(3) 第一个工件，加速过程有 $v_1 = v_0 + a_2 t_1$

解得 $t_1 = 0.5 \text{ s}$

与传送带的相对位移 $x_1 = v_1 t_1 - (v_0 t_1 + \frac{1}{2} a_2 t_1^2)$

解得 $x_1 = 0.2 \text{ m}$

多做的功 $W_1 = \frac{1}{2} m v_1^2 - \frac{1}{2} m v_0^2 + \mu_1 N_1 x_1 + \mu_2 N_2 L_1 = 3.28 \text{ J}$

第二到第 $n-1$ 个工件，加速过程有 $v_2 = v_0 + a_2 t_2$

解得 $t_2 = 1 \text{ s}$

与传送带的相对位移 $x_2 = v_2 t_2 - (v_0 t_2 + \frac{1}{2} a_2 t_2^2) = 0.8\text{m}$

多做的功 $W_2 = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_0^2 + \mu_1 N_1 x_2 + \mu_2 N_2 L_1 = 5.28\text{J}$

总共多做的功 $W = W_1 + (n - 1)W_2$

代入数据，联立解得 $W = (5.28n - 2)\text{J}$