

# 对2020年高考理综新课标卷Ⅲ第25题的 评析与教学启示\*

李青 徐平川

(西华师范大学物理与空间科学学院 四川南充 637002)

(收稿日期:2020-11-09)

**摘要:**2020年高考理综新课标卷Ⅲ第25题基于传送带模型来考查学生对运动状态的分析能力,以及对冲量概念、动量守恒定律的理解能力和应用能力,突出模型建构、科学推理、运动与相互作用等物理观念的考查.文章总结出运动学、牛顿第二定律、动能定理、动量定理来解决本问题的方法,在教学中有利于培养学生多角度思考物理问题的意识,从而提升学生解决问题的能力.基于该问题的考查目标,提出了“重视基本概念和规律”“加强学生科学思维能力训练”“培养良好解题习惯”的教学措施.

**关键词:**理综新课标卷Ⅲ 高考物理 传送带 一题多解

## 1 引言

2020年高考理综新课标卷Ⅲ第25题作为物理学科的压轴题,赢得了广大师生的广泛关注与讨论,基于此背景,笔者对该题进行了如下分析.

## 2 高考试题呈现

**【例题】**如图1所示,相距 $L=11.5\text{ m}$ 的两平台位于同一水平面内,二者之间用传送带相接.传送带向右匀速运动,其速度的大小 $v$ 可以由驱动系统根据需要设定.质量 $m=10\text{ kg}$ 的载物箱(可视为质点),以初速度 $v_0=5.0\text{ m/s}$ 自左侧平台滑上传送带.载物箱与传送带间的动摩擦因数 $\mu=0.10$ ,重力加速度取 $g=10\text{ m/s}^2$ .

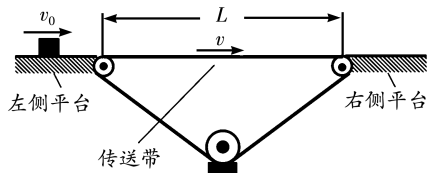


图1 例题题图

(1)若 $v=4.0\text{ m/s}$ ,求载物箱通过传送带所需的时间;

(2)求载物箱到达右侧平台时所能达到的最大速度和最小速度;

(3)若 $v=6.0\text{ m/s}$ ,载物箱滑上传送带 $\Delta t=\frac{13}{12}\text{ s}$ 后,传送带速度突然变为零.求载物箱从左侧平台向右侧平台运动的过程中,传送带对它的冲量.

## 3 试题评析

高考物理压轴题主要考查学生对复杂的物理过程的综合分析能力和应用数学来处理物理问题的能力.此题基于载物箱在传送带上运动的背景来考查学生对运动状态的分析能力,以及对冲量、动量守恒定律的理解能力和应用能力,突出了物理观念中的运动与相互作用观念以及科学思维中的模型建构、科学推理等方面,要求学生调用运动学和动力学的相关知识解决实际问题.此题属于单体多过程问题,涉及位移、速度、加速度、摩擦力、动摩擦因数、质量、时间等物理量,要判定载物箱与传送带之间是否发

\* 四川省教育科研课题“核心素养视野下高中物理课堂教学的评价与改革研究”,课题编号:川教函(2018)495号;“基于学科专业团队建设的师范生能力发展的探索与实践”的研究成果,课题编号:jgxmby18137

作者简介:李青(1996- ),女,在读硕士研究生,主要从事物理学科教学研究.

通讯作者:徐平川(1973- ),男,副教授,硕士生导师,主要从事课程与教学论和物理学科教学研究.

生相对滑动以及摩擦力的方向. 提出的3个问题具有阶梯性,降低了试题的难度,体现了试题的基础性.

#### 4 解法探究

##### 4.1 第一问解法

**解法 1:**综合运用牛顿第二定律和运动学求解

传送带的速度为  $v = 4.0 \text{ m/s}$  时,载物箱在传送带上先做匀减速运动,设其加速度大小为  $a$ ,由牛顿第二定律有

$$\mu mg = ma \quad (1)$$

设载物箱滑上传送带后匀减速运动的距离为  $s_1$ ,由运动学公式有

$$v^2 - v_0^2 = -2as_1 \quad (2)$$

联立式(1)和式(2),代入题给数据得

$$s_1 = 4.5 \text{ m} \quad (3)$$

因为  $s_1 < L$ ,所以载物箱在到达右侧平台前,速度先减小至  $v$ ,然后与传送带一起做匀速运动. 设载物箱从滑上传送带到离开传送带所用的时间为  $t_1$ ,做匀减速运动所用时间为  $t'_1$ ,由运动学公式有

$$v = v_0 - at'_1 \quad (4)$$

$$t_1 = t'_1 + \frac{L - s_1}{v} \quad (5)$$

联立式(1)、(3)、(4)、(5)并代入题给数据得

$$t_1 = 2.75 \text{ s} \quad (6)$$

**解法 2:**综合运用牛顿第二定律、动能定理和动量定理求解

由动能定理得

$$-\mu mgs_1 = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 \quad (7)$$

由动量定理得

$$-\mu mgt'_1 = mv - mv_0 \quad (8)$$

联立式(1)、(5)、(7)、(8)并代入题给数据得式(6)的结果.

##### 4.2 第二问解法

**解法 1:**由运动学公式求解

根据分析可以知道,当载物箱滑上传送带后一直做匀减速运动时,到达右侧时的速度最小,设为  $v_1$ ,所用时间用  $t$  表示;当载物箱滑上传送带后一直做匀加速运动时,到达右侧时的速度最大,共用时  $t'$ ,此时速度设为  $v_2$ . 考虑运动学不同公式之间的组合,又可细分为3种不同的解题过程.

(1)由运动学公式有

$$v_1^2 - v_0^2 = -2aL \quad (9)$$

$$v_2^2 - v_0^2 = 2aL \quad (10)$$

联立式(1)、(9)、(10)并代入题给条件得

$$v_1 = \sqrt{2} \text{ m/s} \quad v_2 = 4\sqrt{3} \text{ m/s} \quad (11)$$

(2)由运动学公式有

$$L = v_0t - \frac{1}{2}at^2 \quad (12)$$

$$v_1 = v_0 - at \quad (13)$$

$$L = v_0t' + \frac{1}{2}at'^2 \quad (14)$$

$$v_2 = v_0 + at' \quad (15)$$

联立式(1)、(12)、(13)、(14)、(15)并代入题给条件得式(11)的结果.

(3)由运动学公式有

$$L = \frac{v_0 + v_1}{2}t \quad (16)$$

$$L = \frac{v_0 + v_2}{2}t' \quad (17)$$

联立式(1)、(13)、(15)、(16)、(17)并代入题给条件得式(11)的结果.

**解法 2:**应用动能定理求解

由动能定理有

$$-\mu mgL = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 \quad (18)$$

$$\mu mgL = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 \quad (19)$$

联立式(18)和式(19)并代入题给条件得式(11)的结果.

##### 4.3 第三问解法

该问求“载物箱从左侧平台向右侧平台运动的过程中,传送带对它的冲量”. 因传送带对载物箱的冲量实际上就是物体对物体作用的时间效应,而传送带对载物箱的作用有摩擦力和支持力,因而传送带对载物箱的冲量应为摩擦力和支持力的冲量的矢量和.

**解法 1:**根据冲量的定义求解

由于合力的冲量等于各个分力的冲量之和,因此先分别求出摩擦力的冲量和支持力的冲量,然后算出两个冲量的矢量和即可得出结果. 采用此方法,具体解答步骤如下所示:

传送带的速度为  $v = 6.0 \text{ m/s}$  时,由于  $v_0 <$

$v < v_2$ , 载物箱先做匀加速运动, 加速度大小仍为  $a$ , 设载物箱做匀加速运动通过的距离为  $s_2$ , 所用时间为  $t_2$ , 由运动学公式有

$$v = v_0 + at_2 \quad (20)$$

$$v^2 - v_0^2 = 2as_2 \quad (21)$$

联立式(1)、(20)、(21)并代入题给数据得

$$t_2 = 1.0 \text{ s} \quad (22)$$

$$s_2 = 5.5 \text{ m} \quad (23)$$

因此, 载物箱加速运动 1.0 s, 向右运动 5.5 m 时, 达到与传送带相同的速度, 此后载物箱与传送带以共同速度  $v$  做匀速运动, 做匀速运动的时间为  $\Delta t - t_2$ . 设载物箱匀速运动通过的距离为  $s_3$ , 有

$$s_3 = (\Delta t - t_2)v \quad (24)$$

传送带突然停止, 之后载物箱在传送带上做匀减速运动, 设匀减速时间为  $t_3$ , 末速度为  $v_3$ . 由运动学公式有

$$(L - s_2 - s_3) = vt_3 - \frac{1}{2}at_3^2 \quad (25)$$

$$v_3^2 - v^2 = -2a(L - s_2 - s_3) \quad (26)$$

联立式(1)、(25)、(26)并代入题给条件得

$$t_3 = 1 \text{ s} \quad v_3 = 5 \text{ m/s} \quad (27)$$

由于支持力  $N = mg$ , 故支持力的冲量大小为

$$I_n = mg(\Delta t + t_3) \quad (28)$$

由于载物箱在匀加速和匀减速阶段所受摩擦力的大小相等方向相反, 且所用时间  $t_2 = t_3$ , 故摩擦力的冲量  $I_f = 0$ .

根据以上分析, 联立式(1)、(20)、(21)、(24)、(25)、(28), 代入题给数据, 得传送带对载物箱的冲量为  $I = I_n = \frac{625}{3} \text{ N} \cdot \text{s}$ , 方向竖直向上.

**解法 2:** 结合动量定理求解

由于摩擦力方向在整个过程中会变化, 故直接计算摩擦力的冲量比较麻烦, 考虑合力等于摩擦力, 故合力的冲量加上支持力的冲量即为传送带对载物箱的冲量. 由动量定理得, 合力的冲量为

$$I_{\text{合}} = m(v_3 - v_0) \quad (29)$$

由于  $I_{\text{合}}$  沿水平方向,  $I_n$  沿竖直方向, 联立式(1)、(20)、(21)、(24)、(25)、(26)、(28), 则传送带对载物箱的冲量大小为  $I = \sqrt{I_{\text{合}}^2 + I_n^2} = \frac{625}{3} \text{ N} \cdot \text{s}$ , 方向竖直向上.

## 5 教学启示

教育部考试中心发布《中国高考评价体系》, 提出“一核四层四翼”的高考评价体系, 指出高考具有“引导教学”的核心功能<sup>[1]</sup>. 因此, 对高考试题的研究理应作为高中物理教学的一项重要而常规的工作.

### 5.1 加强学生对物理基本概念和规律的理解性教学

在现行高考模式下, 教师和学生都过于注重概念和规律的应用, 忽视对概念和规律的理解. 对“物理概念”和“物理规律”意义的理解和运用, 在教学目标上分别属于不同的层次, 深刻地理解可以帮助解决问题<sup>[2]</sup>. 因此, 教学中要强化学生对基本概念和规律的理解.

2020 年高考理综新课标卷Ⅲ第 25 题, 对学生必备的基本概念和规律进行了考查, 属于基本层面的问题情景, 体现了试题的基础性. 该题第(3)问中, 提到传送带对载物箱的冲量, 是对冲量这一基本概念考查. 学生不仅要记住冲量的计算公式, 还应理解其含义, 知道冲量是力的冲量. 传送带对载物箱的作用有摩擦力和支持力, 因而传送带对载物箱的冲量应为摩擦力和支持力的冲量之和. 学生只有深入理解冲量这一基本概念, 才不会出现解题时因漏掉某一个力的冲量而丢分的情况. 又比如, 对匀变速直线运动的理解, 先要判定物体做加速运动还是减速运动, 才能进一步找出加速度方向与速度、位移方向的关系, 如果学生将运动学公式生搬硬套, 很容易因未考虑方向而丢分.

### 5.2 注重一题多解 加强学生的科学思维能力训练

高考注重考查学生的理解能力、推理能力和分析综合能力, 因此, 在学习和解题过程中, 要注重一题多解, 加强对学生的科学思维能力训练.

在高中物理教学中, 如果教师有意识地引导学生对一道题目从不同的角度进行解读, 不仅可以提高习题教学的效率, 同时可以帮助学生更全面和深入地理解题目, 特别是可以让学生打破固有思维, 综合应用所学的物理知识, 灵活地处理物理题目中给出的相关信息<sup>[3]</sup>, 加深对物理规律的理解和应用.

该题第(2)问, 求载物箱到达右侧平台时所能达到的最大速度和最小速度. 解法 1 提供了 3 种运用运动学公式进行求解的方法, 学生通过分析比较, 能发现第一种运动学公式求解方法最为简洁, 从而培养多角度思考运动学问题的能力, 促进思维能力的发展.

# Rasch 模型在物理学业质量评价中的应用研究

肖月 桑芝芳

(苏州大学物理科学与技术学院 江苏 苏州 215000)

(收稿日期:2020-11-24)

**摘要:** Rasch 模型是估计题目难度和学生能力的一种数学模型,可以对测试试题难度的分布、学生的能力水平分布以及测试目标进行精确分析,为测试质量的分析提供一个新的视角.文章以一份高三物理试卷中客观题的质量分析为例,主要从整体质量检验、单维性检验、怀特图、试题拟合度、试题气泡图等方面介绍 Rasch 模型在物理学业质量评价中的应用.在具体的应用中,由于实际的测量情况不同,测量者应该结合测量目标,选择合理的 Rasch 模型对应的分析功能对测试进行分析.

**关键词:** Rasch 模型 物理试题 质量分析

## 1 Rasch 模型的原理

Rasch 模型是由丹麦数学与教育学家 G. Rasch 于 1960 年提出来的一个用来测量潜在特质的概率模型.它成功地解决了经典测量理论中被试样本依赖、测量工具依赖以及被试能力参数与项目难度参数之间相互干扰等问题.在教育与心理测量学领域中,Rasch 模型常常依据学生在测试上的表现,间接测量出学生的潜在特质——学科能力.

### 1.1 Rasch 模型的数学表达式

在 Rasch 模型中,被试能力,试题难度,以及被

试给出正确答案的可能性之间的关系可以由方程式(1)来表达<sup>[1]</sup>.如下

$$p_{mi}(x_{mi} = \frac{1}{\theta_m}, \delta_i) = \frac{1 + \exp(\theta_m - \delta_i)}{\exp(\theta_m - \delta_i)} \quad (1)$$

其中  $\theta_m$  表示被试能力,  $\delta_i$  表示试题难度,  $p_{mi}(x_{mi} = \frac{1}{\theta_m}, \delta_i)$  则表示答对概率.

### 1.2 Rasch 模型的参数估计

项目难度和被试的能力水平是 Rasch 模型中的两大参数.这两个参数的估计是 Rasch 分析中非常重要的过程.一般采用的估计方法为极大似然估计

## 5.3 强化解题的规范性训练 培养良好的解题习惯

规范解题包含规范的审题、规范的语言表述、规范的演算过程以及规范的解题结果<sup>[4]</sup>.高考物理计算题评分标准明确指出要有必要的文字说明、基本方程式和主要的解题步骤,只写最后结果的不得分.可见,学生规范性解题习惯的训练,能够有效地帮助学生减少失分,提高学生解题的正确率.

2020 年高考理综新课标卷Ⅲ第 25 题属于单体多过程问题,且不同过程涉及的位移、速度、加速度、摩擦力、时间等物理量均不同.学生在使用字母、符号时要注意:题中给定的字母意义要严格按照题目要求,常规通用的要与课本中字母表示的一致,不能随意设定,不同阶段的相同物理量之间要用不同的下标加以区分,并配以简洁的文字语言加以描述.

学生良好解题习惯的养成不是一蹴而就的,离不开教师和学生的共同努力.根据课程标准、考试大纲和学情现状,制定合理的习题教学方案,通过科学训练来促进良好解题习惯的养成.

## 参考文献

- 1 教育部考试中心.中国高考评价体系[M].北京:人民教育出版社,2019.8~9
- 2 封玮玮.追根求源 理解概念 拨开迷雾 揭示规律——基于学生认知规律的高中物理概念和规律教学改革实践研究[J].中国校外教育,2020(8):40~42
- 3 黄玉梅.拓展思维 一题多解[J].物理教师,2018,39(11):90~92
- 4 李晓辉.关于物理解题规范性的探究[J].教育教学论坛,2013(40):95~96