

巧用思维流程图梳理物理解题思路*

——以第32届全国中学生物理竞赛预赛模拟试卷三第10题为例

张枫苑

(新疆生产建设兵团第二中学 新疆 乌鲁木齐 830002)

(收稿日期:2020-06-14)

摘要:将信息学科中的流程图应用到梳理物理解题的思路中,将思维流程图的思路呈现方式与标准答案叙述方式对比分析,以此来得出思维流程图在推理线性思路方面的优势,帮助大家更加直接更加快捷地推理思路。

关键词:思维流程图 巧解 推理 竞赛

学生在步入高中生活之后,普遍反映高中的物理学科与初中的物理学科有很大的差别,学生认为高中物理的计算题综合性强,对思维要求高,常常无法找准切入点,很难梳理出完整思路。

思维流程图源于计算机语言中的流程图,即用简单的字母或文字符号表示的推理思路、步骤、因果联系最后得出结果的思维过程示意图。学生的推理思维能力还没有完全建立起来,在较复杂物理问题

和 b'_{\max} 中较小的,即 b'_{\max} , 则 $OC = OB = b'_{\max}$ 。此外,为了使小车在平衡位置左侧经过某一位置时受到的摩擦力为零,则需 $OC > OC_1$, 即振幅 $b'_{\max} > b_0$ 。因此,当小车在平衡位置两侧运动时物体不发生滑动而且会出现某时刻摩擦力为零的条件是简谐运动的振幅应满足 $b_0 < b < b'_{\max}$, 即

$$\frac{(M+m)g \tan \theta}{\kappa} < b < \frac{\mu \cos \theta - \sin \theta}{\cos \theta + \mu \sin \theta} \frac{(M+m)g}{\kappa} \quad (3)$$

这就是原题的正确答案,也可由不等式(1)和(2)取交集而得到。但对原题还需补充动摩擦因数为 μ , 否则在答案中将出现未知量。

为了使式(3)成立,还需具备一个前提条件。由不等式(3)利用同向不等式的传递性可得 $b_0 < b'_{\max}$, 由此得

$$\tan \theta < \frac{\mu - \tan \theta}{1 + \mu \tan \theta}$$

面前束手无策,而思维流程图采用“一因一果”的渐进式推理,适合学生思维特点,能够帮助学生逐步形成线性的物理思维方法,从而提高学习效率。本文旨在探究将思维流程图应用于高中物理解题中的效果,下面以一道竞赛题为例展开论述,供读者参考。

【例题】(第32届全国中学生物理竞赛预赛模拟试卷三第10题)如图1所示,屋架由同在竖直面内的多根无重杆绞接而成,各绞接点依次为1,2,⋯,9,

即
$$\mu \tan^2 \theta + 2 \tan \theta - \mu < 0$$

可得
$$\mu > \frac{2 \tan \theta}{1 - \tan^2 \theta}$$

利用倍角公式得 $\mu > \tan 2\theta$ 。

为了在简谐运动过程中出现摩擦力为零的情况,应满足 $\mu > \tan 2\theta$, 即 $\tan 2\theta < \mu$, 则 $\theta < 0.5 \arctan \mu$, 这是保证式(3)成立的前提条件。如果不满足这个条件,那么式(3)将不成立,就不会出现摩擦力刚好为零的状态。在一般情况下 $\mu < 1$, 则 $2\theta < 45^\circ$, 即 $\theta < 22.5^\circ$, 而不是 $\theta < 45^\circ$ 。由此可见,小车斜面的倾斜角应该还是比较小的,这样才满足题意。在 $\mu > \tan 2\theta$ 的条件下,必定满足 $\mu > \tan \theta$, 那么当小车运动到平衡位置时物体一定不下滑。所以原题的完整答案应为式(3)和约束条件 $\mu > \tan 2\theta$ 。

参考文献

- 1 裴晓媛. 慎重对待命题中的“拿来主义”[J]. 物理通报, 2012(3): 48 ~ 49

* 以思维流程图建立的新疆陶研会“十三五”课题,该文为此课题阶段性成果,课题编号:XJKT-2020年089号。

其中铰结点 8, 2, 5, 7, 9 位于同一水平直线上, 且 9 可以无摩擦地水平滑动. 各铰结点间沿水平方向上的间距和沿竖直方向上的间距如图所示, 铰结点 3 承受有竖直向下的压力 $\frac{P}{2}$, 点 1 承受有竖直向下的压力 P , 求铰结点 3 和 4 间杆的内力.

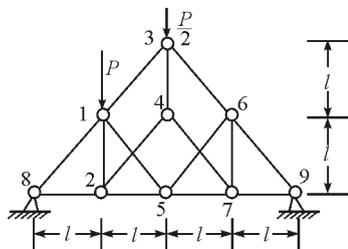


图1 例题图

标准答案:

解: 由于点 9 可沿水平方向无摩擦滑动, 故屋架在点 9 处所受外力只可能沿竖直方向, 设为 N_9 . 由于屋架所受外力 N_9 , $\frac{P}{2}$ 和 P 均沿竖直方向, 则屋架在点 8 所受的外力也只可能沿竖直方向, 设其为 N_8 .

以整个屋架为对象, 列各外力对支点 8 的力矩平衡方程, 有

$$Pl + \frac{P}{2} \cdot 2l = N_9 \cdot 4l$$

所以 $N_9 = \frac{P}{2}$, 且 N_9 的方向竖直向上.

又由整个屋架的受力平衡关系应有

$$N_8 + N_9 = P + \frac{P}{2}$$

所以 $N_8 = P + \frac{P}{2} - N_9 = P$

且 N_8 的方向竖直向上.

假设将铰结点 5, 6, 7, 9 这部分从整个屋架中隔离出来, 则这部分受到杆 15, 杆 47, 杆 36 的作用力, 这几个作用力均沿与杆 15 平行的方向, 设其以一个力 T 表示, 则这个力 T 也必与杆 15 方向平行. 此外, 这部分还受到杆 25 的作用, 设其为 T_{25} , 显然 T_{25} 的方向应沿水平方向; 这部分还受到支持力 N_9 的作用. 这样, 这部分就等效为受 T , T_{25} 和 N_9 3 个力的作用而平衡.

则表示此三力的矢量构成一个封闭三角形, 由前述此三力的方向关系可以确定, 这一三角形只能是如图 2 所示的三角形, 由此三角形可见

$$T_{25} = N_9 = \frac{P}{2}$$

杆 25 对点 5 的作用力方向水平向左, 可见杆 25 中的内力为张力.

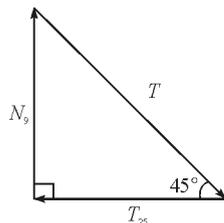


图2 标准答案隔离铰结点 5, 6, 7, 9 受力分析的三角形

又假设取铰结点 8 为研究对象, 它受到支持力 N_8 和杆 82 对它的作用力 T_{82} 和杆 81 对它的作用力 T_{81} , 由于此三力平衡, 则 N_8 与 T_{82} 的合力必沿杆 81 的方向, 可见应有

$$T_{82} = N_8 = P$$

且 T_{82} 的方向应水平向右, 即杆 82 的内力为张力.

再假设取铰结点 2 为研究对象, 由以上分析知, 其左、右两水平杆对它的作用力均为拉力, 其大小分别为 P 和 $\frac{P}{2}$. 而另外只有杆 24 能对点 2 提供水平方向的分力, 则为使点 2 在水平方向受力平衡, 杆 24 作用于点 2 的力必沿由 2 指向点 4 的方向, 进而为使点 2 在竖直方向上受力平衡, 则杆 12 对点 2 的作用力必沿竖直向下的方向.

综合上述可得点 2 的受力如图 3 所示

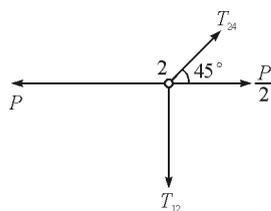


图3 标准答案铰结点 2 受力分析图

由图知 $T_{24} \cos 45^\circ + \frac{P}{2} = P$

得

$$T_{24} = \frac{\sqrt{2}}{2}P$$

即杆 24 中的内力为张力, 其大小为 $\frac{\sqrt{2}}{2}P$.

最后以点 4 为研究对象, 它受到与之相连的 3 根杆的 3 个力的作用. 此三力应互相平衡. 现以 T_{42} , T_{47} , T_{43} 表示这 3 个力, 由于 T_{42} 的方向是确定的 (杆 42 的内力为张力, 则 T_{42} 必沿由点 4 指向点 2 的方向), 而 T_{47} , T_{43} 又只能沿对应杆的方向, 则此三力

只可能取如图4所示的方向。

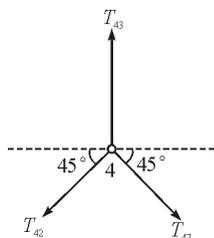


图4 标准答案铰结点4受力分析图

由点4在水平方向的受力平衡,应有

$$T_{42} \cos 45^\circ = T_{47} \cos 45^\circ$$

所以 $T_{47} = T_{42}$

由点4在竖直方向的平衡,应有

$$T_{43} = T_{42} \sin 45^\circ + T_{47} \sin 45^\circ = P$$

即杆43中的内力为张力,大小为 P 。

思维流程图:

思维流程图如图5所示。

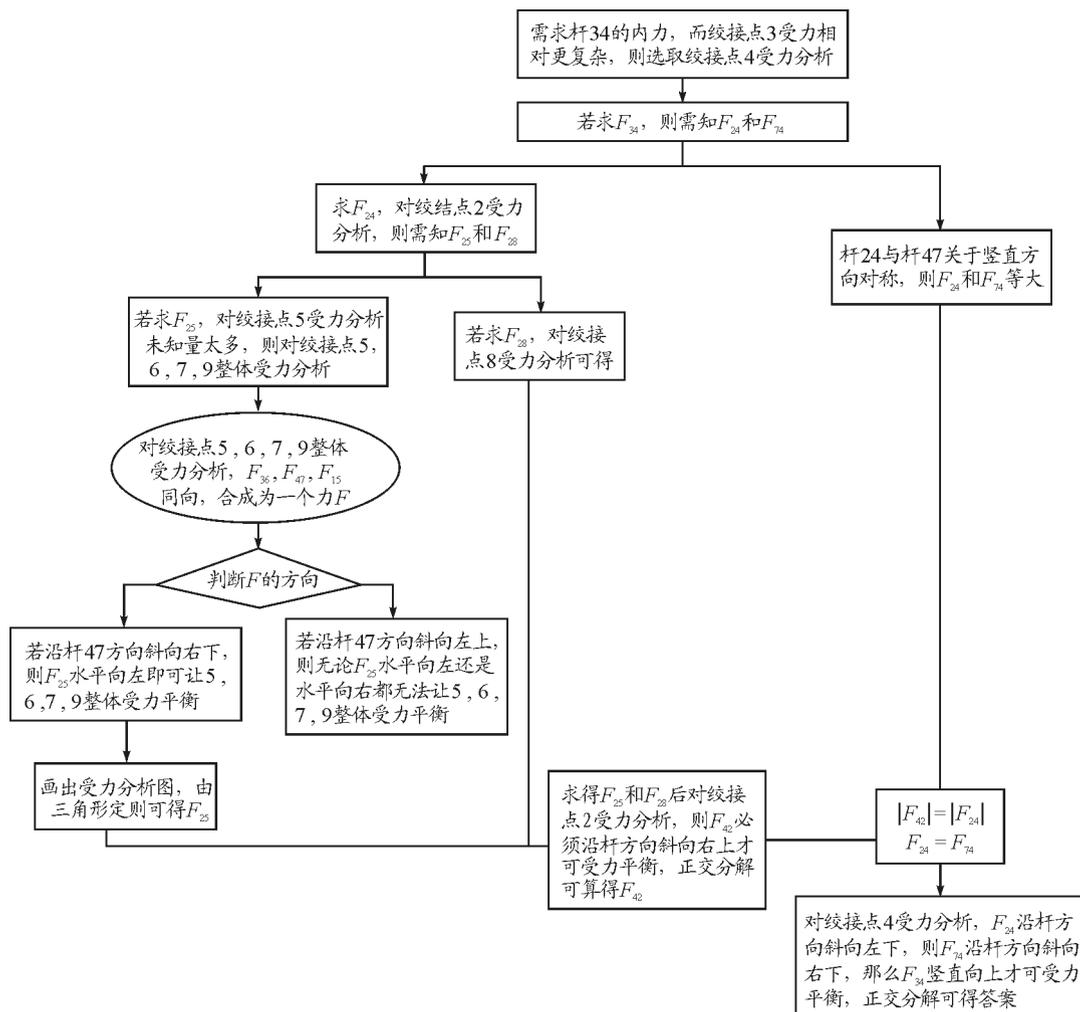


图5 例题思维流程图

解:对屋架整体受力分析得

$$P + \frac{P}{2} = N_8 + N_9 \quad (1)$$

对屋架以支点8力矩平衡 $\sum M_{\text{顺}} = \sum M_{\text{逆}}$ 得

$$Pl + \frac{P}{2} \cdot 2l = N_9 \cdot 4l \quad (2)$$

联立式(1)、(2)解得

$$N_8 = P \quad N_9 = \frac{P}{2}$$

将标准答案叙述方式和思维流程图解析方式进行对比分析,可发现思维流程图的方法更加契合学生在读完题目以后的思想活动.标准答案的叙述方式是书写者脑海中已经有了完整的思路以后,从思路落脚的第一步开始书写,比如标准答案在受力平衡与力矩平衡之后直接对铰结点5,6,7,9整体受力分析,这对学生理解的要求非常高,学生往往无法直接看出对5,6,7,9整体受力分析的原因.学生在读完题目思考过后更需要的是如何根据所要求的未知

量以及题目已给的设定情境去一步一步分析和推理得出思路,在这一方面思维流程图更加适合学生的

心理活动,更能满足学生的需求.根据思维流程图逐步分析结果如图6所示.

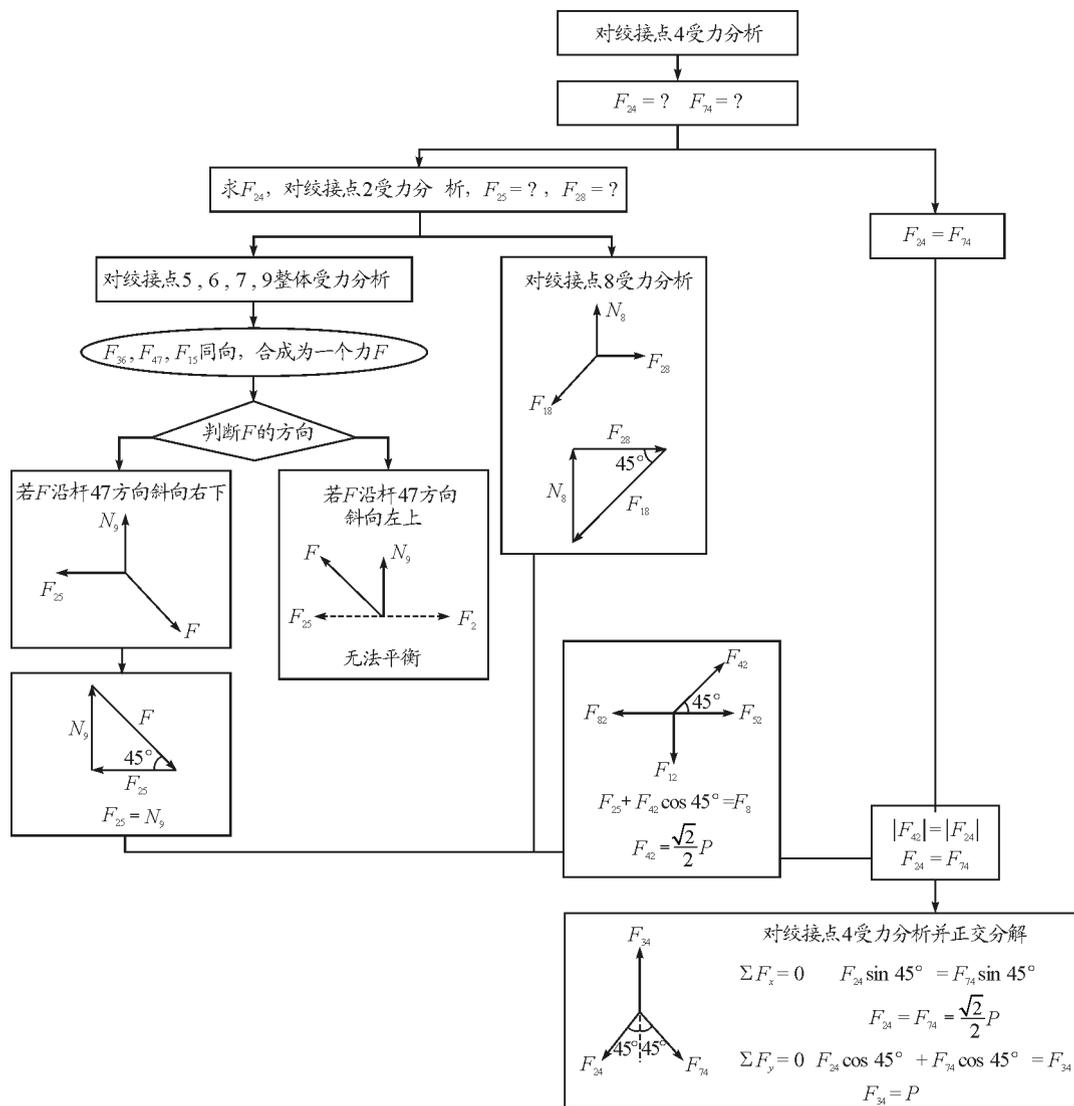


图6 例题思维流程图

评注:探究思维流程图对于高中物理解题中应用的初步结果显示思维流程图对于学生具有一定的积极作用,可帮助学生根据严谨的因果推理一步一步梳理出思路,利用流程图线性展示的特点使得思路更加直观和具体,不再抽象,降低了题目对思维的要求和难度,提高了做题效率.

总而言之,物理解题不能仅凭经验解题,高中物理习题的题目相对初中更加复杂与综合,如果缺乏行之有效的解题思路和方法理论,很难保证学生每次遇到题目都有正确方法去应对.所以我们需要一套有目的性和计划性、系统性和可重复性的解题方法、解题思路.思维流程图作为一种由已知求未知,

一步步按部就班的推导,不依靠巧妙特殊方法的推导思路方式,相对于目前总结的模型套路更具有普适性,尤其是当学生对于模型套路解题方法掌握不佳,或题目较为复杂摸不清套路时,思维流程图能让思路更加直观清晰.建议可在讲解题目和展示答案时配以思维流程图为辅助,让学生的“为什么要这样做?”“怎么想到要这样做?”等等疑问越来越少.

参考文献

- 1 司国民. 利用思维流程图提高解题思维能力[J]. 物理教学探讨, 2005, 23(3): 19
- 2 黎旦, 樊爱琼. 物理解题思维障碍及突破[J]. 高教论坛, 2005(5)