



# 应用假设法快速求解关联气体问题

金柏娇

(佛山市第二中学 广东 佛山 528000)

(收稿日期:2018-09-13)

**摘要:**提出应用假设法快速求解关联气体问题的方法,该方法根据关联气体的非平衡状态变化对末状态进行合理假设,然后通过计算分析判断假设是否成立,进而快速确定末状态,从而顺利解题.通过快速求解2017年高考全国I卷理科综合第33题,证明本文方法的可行性.该方法对理想气体状态方程应用过程中难点的突破有所帮助.

**关键词:**假设法 高考真题 关联气体 非平衡状态 理想气体状态方程

高中《物理·选修3-3》部分气体实验定律是Ⅱ级考试要求,《2017年普通高等学校招生全国统一考试大纲》<sup>[1]</sup>对Ⅱ级知识点这样描述:“对所列知识要理解其确切含义及与其他知识的联系,能够进行叙述和解释,并能在实际问题的分析、综合、推理和判断等过程中运用.”同时,关于物理学科的“分析综合能力”要求为:“能够独立地对所遇到的问题进行具体分析、研究,弄清其中的物理状态、物理过程和物理情境,找出起重要作用的因素及有关条件;能够把一个较复杂问题分解为若干较简单的问题,找出它们之间的联系;能够提出解决问题的方法,运用物理知识综合解决所遇到的问题.”

关联气体<sup>[2]</sup>是由两个或者两个以上气体组成的系统,它们之间存在力的联系或者能量传递.关联气体问题既是考查的重点也是难点,《物理·选修3-3》热学部分内容中关联气体问题是历年高考的常见出题点之一.关联气体问题难点在于对它非平衡过程之后的平衡状态的判断,即如何确定它的末状态.

本文提出应用假设法快速求解关联气体问题的方法,该方法根据关联气体的非平衡状态变化对末状态进行合理假设,然后通过计算分析判断假设是否成立,进而快速确定末状态,从而顺利解题.最后,通过快速求解2017年高考全国I卷理科综合第33题,证明本文方法的可行性.

## 1 应用假设法快速求解关联气体问题的思路

### 1.1 确定研究对象和初始状态

根据题目中设置场景的不同,题目的研究对象通常分为两种,分别是力学研究对象和热学研究对象.常见的力学研究对象包含活塞、液柱等,热学研究对象即封闭的理想气体.

初始状态的确定是解题的出发点,解题时首先应根据题意确定研究对象的初始状态参量.对封闭气体来说,为压强( $p$ )、体积( $V$ )和温度( $T$ ),对活塞等力学研究对象来说,则为其初始受力情况及压强分析.

### 1.2 根据非平衡状态变化对末状态提出假设

根据题意,确定打破初始平衡状态的条件,分析非平衡状态下研究对象状态的变化过程,例如气体膨胀、活塞下移等等.在高中阶段的出题中,这个气体变化过程往往是等压变化、等容变化、等温变化之一.力学研究对象在两个平衡态之间通常会出现一个非平衡的变化过程,对这个过程的受力情况和压强变化做出合理的分析是解题的关键.

根据上述变化对末状态(即下一个平衡状态)提出假设,例如气体充满整个气缸、活塞移动到了气缸底部等等.假设的提出,一般要参考临界条件.

### 1.3 对假设是否成立进行判断

明确所假设的末状态的状态参量,结合过程分析列出理想气体状态方程,求出临界条件下研究对象的状态参量.把得出的状态参量与实际情况(或假设状态)进行比较,从而判断假设是否成立.若判断出结果符合实际情况,则假设成立.若不符合实际情况,表示假设不成立.

### 1.4 快速确定末状态

若假设成立,则末状态已确定.若假设不成立,则说明在假设的末状态到达之前已达到了平衡状态.此时,已经可以排除所假设的临界状态,使得研究对象的热学和力学状态更加明了.进一步运用理想气体状态方程和受力分析快速确定末状态以便快速解题.

## 2 实例分析

以2017年全国I卷理科综合第33题前两问为例,应用本文提出的解题方法进行求解分析.在解题过程中应用假设法判断气体末状态,巧妙分析关联气体问题中非平衡状态过程的力学变化,从而更快地解题.

### 2.1 题干

**【题目】**如图1所示,容积均为 $V$ 的气缸A和B下端有细管(容积可忽略)连通,阀门 $K_2$ 位于细管的中部,A,B的顶部各有一阀门 $K_1, K_3$ ,B中有一可自由滑动的活塞(质量、体积均可忽略).初始时,3个阀门均打开,活塞在B的底部;关闭 $K_2$ 和 $K_3$ ,通过 $K_1$ 给气缸充气,使A中气体的压强达到大气压 $p_0$ 的3倍后关闭 $K_1$ .已知室温为 $27^\circ\text{C}$ ,气缸导热.

(i) 打开 $K_2$ ,求稳定时活塞上方气体的体积和压强;

(ii) 接着打开 $K_3$ ,求稳定时活塞的位置;

(iii) 再缓慢加热气缸内气体使其温度升高 $20^\circ\text{C}$ ,求此时活塞下方气体的压强.

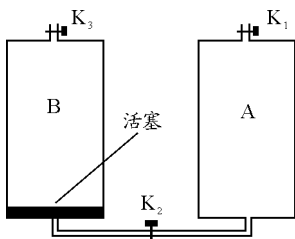


图1 题图

### 2.2 求解分析

应用本文方法,分步解答.

(1) 确定研究对象和初始状态

本题的力学研究对象是一个活塞,热学研究对象是活塞分隔开气缸中的两部分理想气体.

初始状态时左边气体的压强为大气压强,右边气体压强为 $3p_0$ ,温度同为室温,体积均为 $V$ .由于活塞不计重力,此时活塞受到的气体压力和底部对它

的支持力为一对平衡力.

**解析:**(i) 设打开 $K_2$ 后,稳定时活塞上方气体的压强为 $p_1$ ,体积为 $V_1$ .依题意,被活塞分开的两部分气体都经历等温过程.对活塞上方气体由玻意耳定律得

$$p_0 V = p_1 V_1 \quad (1)$$

对于活塞下方气体和A端气体

$$3p_0 V = p_1 (2V - V_1) \quad (2)$$

联立式(1)、(2)得

$$V_1 = \frac{V}{2} \quad (3)$$

$$p_1 = 2p_0 \quad (4)$$

(2) 根据非平衡状态变化对末状态提出假设

打开 $K_3$ 后,活塞上方与大气连通,压强变为大气压强.根据式(4)可知,活塞下方气体压强大于大气压强,活塞必定向上运动.这个运动过程的非平衡状态是一个等温过程.

活塞向上运动过程中受到了上下两部分气体的压力,上部分气体压强为大气压强,即上部分气体对活塞向下的压力大小不变;活塞下方气体初始状态压强为3倍的大气压,说明下方气体对活塞向上的压力更大,但随着活塞的上升,下方气体压强逐渐降低,直至活塞在某位置再次达到受力平衡状态.

活塞的受力平衡位置可能出现两种情况:一种情况是在活塞没有达到气缸顶部的过程中下方气体压强已经减小到了和大气压强相同的大小,这样达到受力平衡;另外一种情况是活塞上升过程中下方气体压强始终大于大气压强,导致活塞上升到气缸的最顶端,此时活塞除了受到上下气体压力外还受到气缸边缘的压力达到受力平衡.不确定的活塞平衡位置,导致不能确定气体末态的状态参量,解题出现难点.

通过上述分析,不难发现,临界条件就是活塞的位置达到顶部时,据此对末状态提出假设.假设再次达到平衡状态时,活塞位于B的最顶端.该假设蕴含了一个条件,即要求活塞运动到B的顶部时活塞下方气体压强不小于外界大气压强.

(3) 对假设是否成立进行判断

活塞位于B的最顶端时,活塞下方气体及A内气体的总体积为 $2V$ .结合玻意耳定律,对活塞下方气体及A内气体列等式求解.具体步骤如下.

(ii) 设再次达到平衡状态时活塞下方气体压强

为  $p_2$

$$3p_0V = p_2 \cdot 2V \quad (5)$$

解得

$$p_2 = \frac{3}{2}p_0 \quad (6)$$

由式(6)可知,活塞下方气体压强大于外界大气压强,与假设条件一致,说明假设成立.即末状态时活塞位于B的顶部,此时活塞下方气体压强为  $\frac{3}{2}p_0$ .

对末状态的确定,本题标准答案给出的方法是用体积作为约束条件来判断不等式,具体参考答案如下:

打开  $K_3$  后,由式(4)知,活塞必定上升.设在活塞下方气体与A中气体的体积之和为  $V_2$  ( $V_2 \leq 2V$ ) 时,活塞下方气体压强为  $p_2$ ,由玻意耳定律得

$$3p_0V = p_2V_2 \quad (7)$$

由式(7)解得

$$p_2 = \frac{3V}{V_2}p_0 \quad (8)$$

由式(8)知,打开  $K_3$  后活塞上升直到B的顶部为止,

此时  $p_2$  变为  $p_2' = \frac{3}{2}p_0$ .

#### (4) 快速确定末状态

本题中的假设成立,则假设的状态即为末状态,即末状态时活塞位于B的顶部,此时活塞下方气体压强为  $\frac{3}{2}p_0$ .

### 2.3 讨论分析

对于本题第2问,标准参考答案的解法对于考

生来说不是很容易想到,需要很缜密的思维能力才能从容应对.本文给出的假设法解题对学生的思维水平要求不会很高,只要平常备考时加以训练,就能轻松掌握.而且临场应试时间紧迫,应用假设法可以更简洁迅速地解题.

对于本题来说,应用假设法解题,如果按式(5)计算出来的压强小于大气压强,此时假设不成立,说明活塞在未达到顶部的某个位置达到了平衡状态,这时活塞下方气体压强为  $p_0$ .也由对活塞的受力分析可知,没到顶部的活塞受到上下两部分气体的压力,即下方气体压强与大气压强相同,活塞受力平衡.进一步运用理想气体状态方程把下方气体压强代入  $p_0$ ,应用波意耳定律就可以解出下方气体体积进而明确活塞的位置.

### 3 结论

本文提出了应用假设法快速求解关联气体问题的方法,并提出具体的解题步骤,最后应用该方法对2017年的高考物理真题进行了快速的判断和求解.在解题时详细地分析了关联气体问题非平衡状态过程的力学变化.本文方法对理想气体状态方程应用中难点的突破有所帮助.

#### 参考文献

- 1 教育部考试中心. 2017年普通高等学校招生全国统一考试大纲(理科). 北京: 高等教育出版社, 2016
- 2 陈国均. 理想气体状态方程应用的难点突破. 黑龙江生态工程职业学院学报, 2015(04): 88 ~ 90

## Quickly Solving the Correlated Gas Questions by Hypothesis Method

Jin Baijiao

(Foshan No. 2 Middle School, Foshan, Guangdong 528000)

**Abstract:** This paper proposes a method for quickly solving the associated gas problem by applying the hypothesis method. According to the non-equilibrium state change of the associated gas, the method makes a reasonable assumption about the final state, and then judges whether the hypothesis is established by calculation and analysis, and then quickly determines the final state, so as to solve the problem smoothly. The feasibility of this method is proved by quickly solving the 33rd question of the national comprehensive examination of the 2017 college entrance examination. This method is helpful for the breakthrough of the difficult process of the ideal gas state equation.

**Key words:** hypothesis; college entrance examination; associated gas; non-equilibrium state; ideal gas equation of state