

生活中的两则费米问题

张明谦

(山东省邹平第一中学特生部 256200)

一、电煤储备知多少？

为一盏 100 W 的灯泡提供一年的电力，火力发电厂应该准备多少公斤煤？

我们需要估算两条：(1) 一盏 100 W 电灯泡一年消耗的电量；(2) 煤块的能量密度。

当然如果要想更精确一点就要考虑一下火力发电厂的效率。

第一项比较简单，我们仍然是先设定其上下边界，然后取其几何平均值。一盏电灯泡每天使用的时间应该远大于 1 小时(hr)而远小于 24 小时，取其几何平均值为每天 5 小时，一年就是 2000 小时，于是电灯泡每年消耗的电能：

$$E_e = 2 \times 10^3 \text{ hr} \times (3.6 \times 10^3 \text{ s/hr}) \times 100 \text{ W} = 7 \times 10^8 \text{ J}.$$

现在我们来估算一下煤的能量密度(纯碳)。

当煤燃烧时其中的碳与氧气产生反应生成 CO_2 ，因此估算煤的能量密度可以有两个方法，一是利用和煤类似的物质(比如糖)来估算，二是利用化学常识。先看第一种方法，如果你要是记得广告词，它会告诉你一小汤匙糖“只含有”16 卡路里(Cal)，我们假定糖含有的热量与煤相近，则只需用转换一下单位就可以得到煤的能量，要记住(a)食物的 1 大卡热量就等于物理学中的 1000 卡，(b)1 卡约等于 4 焦耳(J)，(c)1 茶匙(tps)约等于 5 毫升约为 5 克(g)，所以糖的能量密度为：

$$e_s = 16 \text{ Cal / tsp} \times 0.2 \text{ tsp/g} \times (4 \times 10^3 \text{ J/C}) \\ \approx 10^4 \text{ J/g} = 10^7 \text{ J/kg}$$

糖中除了碳元素外还含有氢元素(可以提高糖相当于碳的能量密度)和氧元素(可以降低糖相当于碳的能量密度)，所以煤的能量密度应该是糖的能

量密度的两到三倍之间。

再来看第二种方法，我们需要估算每次反应产生的能量和每公斤煤中发生反应的数量。你应该记得氢的结合能是 13.6 电子伏(eV)，取其 1/10 作为典型的分子能量(高于基态远小于电离状态，取其几何平均)约 1.5 电子伏。(另外你也可以从干电池这里得到启发：干电池是将化学能转换为电能的装置，在供电时提供 1.5 V 的电压，每个电子就具有 1.5 eV 电势能，这就意味着每次化学反应(reaction)能够提供 1.5 eV 的能量。这只是从物理角度进行的简单估算，你要想得到更精确的结果就去问化学家吧。)

我们知道 $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$ ，每摩尔(mole)碳原子有 6×10^{23} 个其质量是 12 克，所以碳的能量密度为：

$$e_c = 1.5 \text{ eV/reaction} \times (1.6 \times 10^{-19} \text{ J/eV}) \times \\ (6 \times 10^{23} \text{ reaction/mole}) \times 10^3 \text{ mole/kg} = 10^7 \text{ J/kg}$$

这个结果和用糖估算的很相近。

现在有了灯泡消耗的能量和碳的能量密度，直接代入计算即可得到所需要的煤的质量：

$$m = \frac{E_e}{e_c} = \frac{7 \times 10^8 \text{ J}}{10^7 \text{ J/kg}} = 70 \text{ kg}$$

这大约是一个成年人的质量，如果我们考虑发电厂的效率(一般火力发电厂的效率为 1/3)，那么为了给 100 W 的电灯泡供应一年的电力，发电厂应该准备约 200 kg 的煤，哦，确实不少。

二、手机充电花费高？

如果一所高中的学生都在他们的教室里面给

手机充电,那么学校会因此花费多少钱呢?要回答这个问题,首先要估算全校共有多少学生,从而得到手机的数量,然后估算每部手机的消耗的能量,以及这些能量的花费情况就可以解决。

第一个小问题,一所高中的学生数量应该远大于100而远小于10000,所以取其几何平均值为1000,按照人手一部得到手机的数量为1000,当然如果换成估算全国的大学生的话,数量级会有所变化,应该大于1000万而远小于1亿,取其几何平均值,约为3100万,按照人手一部得到手机的数量为3100万,其实查阅一下教育部的资料会得到更准确的数字,3700万。

第二个小问题,我们估算每部手机电池的电能容量。一块电池的质量大于10g而小于250g,取其几何平均值约为50g,电池的能量密度大约为汽油能量密度的百分之一,而汽油的能量密度为 $5 \times 10^7 \text{ J/kg}$,所以每块电池消耗的能量应为:

$$E = \frac{50\text{g} \times 5 \times 10^7 \text{ J/kg}}{100} = 2.5 \times 10^4 \text{ J}。$$

第三个问题,花费情况,可以有两个办法来达到目的。第一个方法可以根据上月的电费清单我们知道每度电约为1元, $1 \text{ kw} \cdot \text{h} = 4 \times 10^6 \text{ J}$,

$$M_{\text{oney}} = \frac{1 \text{ yuan}}{4 \times 10^6 \text{ J}} = 2 \times 10^{-7} \text{ yuan/J}。$$

第二个则可以通过给车加油的花费情况来估算,每升汽油约8元,每升汽油的质量约为1kg,(没有按照0.7kg/L来估算,那太准确了,这里水和油一样重了),所以有:

$$M_{\text{oney}} = \frac{8 \text{ yuan/L}}{1 \text{ kg/L} \times 5 \times 10^7 \text{ J/kg}} = 2 \times 10^{-7} \text{ yuan/J}。$$

是不是得到了相同的结果?

综上所述可以得到以下结论:

$$M_{\text{oney}} = 1 \times 10^3 \text{ ren} \times 2.5 \times 10^4 \text{ J/ren} \times 2 \times 10^{-7} \text{ yuan/J} = 5 \text{ yuan}。$$

这对于一所高中来说微乎其微,我都可以负担的起。即使一学年200天的话,也就是每年1000元。嗯,不算太高。

~~~~~  
封底照片说明

## 稀有金属铼

铼,是一种银白色的高熔点金属,是拥有稳定同位素的元素中最后一个被发现的。铼不但具有良好的塑性、机械性、抗蠕变性,同时它还有着良好的耐磨与抗腐性能。铼主要存在于辉钼矿中,储量十分的稀少,其产量就更加少了,是昂贵的稀有金属。目前世界探明的铼储量大约10000吨左右,每年全球产量在30至50吨之间。其中智利铼的产量最高,其次为美国、俄罗斯、哈萨克斯坦、亚美尼亚、秘鲁、加拿大等国。2006年,俄罗斯对外宣布,其科学家在南千岛群岛发现了储量丰富的纯铼矿,这是目前为止世界上发现的第一处纯铼矿。目前全球铼的回收率也在不断地增长,据预测现在全球铼的回收量大约为每年30吨。我国在20世纪60年代开始,从钼精矿焙烧烟尘中提取铼。目前我国的铼产量每年只有约2吨左右,

这远远满足不了我国飞速发展的市场需求,仍然需要从国外进口。

铼,作为合金的添加元素,能够很好地改善和提高合金的性能。铼镍合金是飞机制造中喷气引擎叶片、涡轮盘等重要部件的关键材料。铼合金可以使涡轮压力增大,效率提高,还能延长使用寿命,提高发动机的性能和耐用性。目前铼合金被广泛应用在航空航天、电子、石油化工等领域,同时,铼及其化合物还有着优异的催化活性,是石油化工领域的重要角色。近年来,由于世界上航空航天技术的高速发展,对铼的需求量呈大幅增长的趋势,许多国家视它为军用物资而进行战略储备。

总之,铼在我国的经济、军事领域里发挥着十分重要的作用,是重要的经济与国防资源。