



## 物理与生活

# 为什么不能用 $Q = It$ 来计算充电电流<sup>\*</sup>

——由一道高三试题引发的争议

何忠燕

(江苏省梁丰高级中学 江苏 苏州 215621)

(收稿日期:2022-05-10)

**摘要:**由一道师生剧烈争议的高三试题,联系实际生活对题中电动车的充电电流的求解进行分析。(1)较高的充电电压不是直接施加于电池;(2)为什么要采用高压充电;(3)高压充电的其他生活应用实例。

**关键词:**电动车 充电电流 高压充电 快充

由新疆青少年出版社出版的《试题调研(2022年第8辑物理)》有一道最新原创试题,内容如下:

**【试题】**为实现“碳达峰”和“碳中和”目标,国内许多城市都推行新能源汽车与绿色出行,共享电动汽车也在各个城市出现,如表1所示为某款电动汽车的参数,若某次充满电后在平直路面行驶时,该车所载货物质量为100 kg,所受阻力为车与所载货物总重力的 $\frac{1}{50}$ ,重力加速度 $g$ 取 $10 \text{ m/s}^2$ ,则下列说法

正确的是( )

- A. 该电动汽车的最大行驶速度为 $90 \text{ km/h}$
- B. 该车以额定功率行驶时最长行驶时间为 $10 \text{ h}$
- C. 若从完全没电到充满电用时 $9 \text{ h}$ ,则充电电流约为 $4.96 \text{ A}$
- D. 放电时电池可输出的理论最大电荷量为 $9 \times 10^4 \text{ C}$

表1 某款电动汽车的参数

车身质量/kg	输出电压/V	电动机额定功率/W	电池容量/A·h	充电电压/V	充电时间/h
650	60	3 000	250	336	8~10

该试题正确选项为C.参考解析中利用能量关系 $U_{\text{充}} I_{\text{充}} t_{\text{充}} = U_{\text{放}} Q_{\text{放}}$ ,即 $336 \text{ V} \times I_{\text{充}} \times 9 \text{ h} = 60 \text{ V} \times 250 \text{ A} \cdot \text{h}$ .可得充电电流约为 $4.96 \text{ A}$ ,对此求解方法学生并无异议.但较多学生和老师却提出疑问:为什么不能用“ $Q = It, I = 250 \text{ A} \cdot \text{h} \div 9 \text{ h} = 27.8 \text{ A}$ ”去计算呢?对此,笔者结合生活实际应用分析原因如下:

### 1 题中充电电压336 V是充电器的输出电压

首先需要明确,如果直接施加给电池的充电电压太高,会造成电池严重发热甚至爆炸,有严重的安全隐患,因此实际生活中厂家规定的充电电压,都只能略高于电池输出电压.例如平均输出电压为 $3.7$

V的锂离子电池的最高充电电压约为 $4.2 \text{ V}$ ,输出 $3.8 \text{ V}$ 的聚合物锂电池最高充电电压约为 $4.35 \text{ V}$ ,输出 $12 \text{ V}$ 的铅蓄电池最高充电约为 $14.4 \text{ V}$ ,本题中的 $60 \text{ V}$ 电池其最高充电电压约 $72 \text{ V}$ (具体会因电池种类及容量而略有变化,但一般不会超过 $75 \text{ V}$ )<sup>[1]</sup>,是不能直接用 $336 \text{ V}$ 对其充电的.

也就是说,题中的 $336 \text{ V}$ 充电电压其实是充电器(充电桩)输出的间接充电电压,实际上还需要经过“直流降压模块”降低到略高于 $60 \text{ V}$ (如果不考虑充电损耗和实际充电策略,理想情况下可认为等于 $60 \text{ V}$ )才能施加于电池.同时为了确保充电功率,在降压的同时也会增加电流,其原理如图1所示.

<sup>\*</sup> 苏州市教育科学“十四五”规划课题“新课标下高中物理课堂教学中创新实验的开发及应用研究”阶段性成果,课题编号:2021/JK-k/02/013/01

作者简介:何忠燕(1982-),女,中教高级,主要从事中学物理教学与研究工作.



图1 高压充电原理图

题中给出的充电电压 336 V(即  $U_1$ ) 其实是充电器输出电压,那对应求解的充电电流也应该是充电器的输出电流,即图中的  $I_1 = 4.96$  A. 故选项 C 是正确的.

如果用“ $Q = It, I = 250 \text{ A} \cdot \text{h} \div 9 \text{ h} = 27.8 \text{ A}$ ”计算得到电流 27.8 A,这是经过降压后且不考虑充电损耗时直接施加于电池的充电电流  $I_2$ ,该直接充电电流  $I_2$  是对应直接充电电压  $U_2$ (即 60 V) 的,和题中的  $U_1 = 336 \text{ V}$  并非对应关系.此处的直流降压增流模块在效果上和交流降压变压器相类似,经过降压后输出电流是显著大于输入电流的.故流入降压模块(即充电器输出)的电荷量  $Q_1 = I_1 t$ ,是小于降压模块输出的电荷量  $Q_2 = I_2 t$ (即  $250 \text{ A} \cdot \text{h}$ ) 的.也就是说,如果要用  $Q = It$  求解和 336 V 对应的充电电流,还需要知道充电器输出的电荷量  $Q_1$ ,该电荷量是明显小于电池的容量  $250 \text{ A} \cdot \text{h}$  的.

## 2 为什么需要采用较高电压来对电池间接充电

由  $Q = It$  可知,为了实现快速充电,需要提高直接施加于电池上的充电电流,这就对充电接口和充电线材提出了更高的要求.以本题为例,如果充电桩直接用较长的电缆输送  $60 \text{ V} / 27.8 \text{ A}$ (生活中的主流电动汽车的直接充电电流甚至达到几百安培)的大电流给电池,这就需要很粗的导线,对应的充电接口的允许极限电流也需要做得很大,这在技术上和成本方面的要求是比较高的<sup>[2]</sup>.另外大电流通过导线也会引起比较严重的发热损耗.而如果充电器(充电桩)改为输出  $336 \text{ V} / 4.96 \text{ A}$  的较小电流,那么就可以采用较细较长的电缆连接汽车,对汽车上充电口的极限电流要求也可以放低,对应的线路损耗也较小.而降压增流模块是直接内置在汽车内部,甚至和电池整合在一起的,它和电池距离很近,可采用很短的粗导线连接,成本较低,发热较小<sup>[3,4]</sup>.

## 3 “升压降流快充技术方案”在生活中应用较为广泛

提高充电功率和间接充电电压、同时降低间接充电电流,这种“升压降流快充技术方案”在生活中

是比较常见的.除了电动车,在手机和手提电脑等数码产品中也广泛使用.以笔者所用的红米 note9 手机为例,其电源适配器参数如图 2 所示.

电源适配器:
型号:MDY-11-EM   执行标准:GB17625.1-2012
GB4943.1-2011 GB/T9254-2008
输入:100-240MAC,50/60Hz,0.6A
输出:5.0V-3.0A/9.2V-2.23A/12.0V-1.67A

图2 某款手机充电器参数

可以发现,该充电器可以根据设备支持的不同充电协议,充电电压可以调整为 5 V,9 V,12 V,其中用 5 V 标准电压充满手机(内置电池容量 5 000 mA)需要接近 2 h,而采用 9 V 和 12 V 快充,虽然间接充电电流变小了,但充电时间反而明显变短.

部分手机之所以也采用“升压降流”充电方案,主要原因也是受到了充电接口和充电线路的限制.手机的充电接口,主要由 Micro USB 接口(老款安卓接口)、USB Type C 接口、苹果 Lightning 接口,都是非常迷你小巧的,其内部的单个金属触点宽度不到 1 mm,远小于家用电器的电源接口,是不适用于大电流的.同时手机充电线也比较细软,其内部一般设计了 4 根导线(2 根供电,2 根传输数据),故其中的供电导线的截面积是非常小的,同样不适合大电流通过.所以采用较小的间接充电电流,对充电线和充电接口的要求就可以降低,还可以兼容早期的充电接口和充电线.当然,较小的间接充电电流进入手机内部后,同样还需要经过“降压增流”(核心是电源管理芯片)才能直接施加于电池进行充电.物理是和生产生活、科技前沿联系非常密切的一门学科,中学物理教师也需要及时关注科技热点和了解物理知识的最新生活应用,才能更好地培养学生的科学素养.

## 参考文献

- 董琪,康红欣,闫艳波. 充电截止电压对锂离子电池化学性能的影响[J]. 化工进展,2008(5):770~772
- 王莉,冯旭宁,胡坚耀,等. 锂电池电动车极快速充电的科学工程问题[J]. 储能科学与技术,2018(6):987~993
- 王发群,王文争,刘芹. 新能源电动车充电检测模块的设计[J]. 山东工业技术,2017(5):298~299
- 毛国方. 自制教具模拟远距离输电[J]. 物理通报,2013(4):129