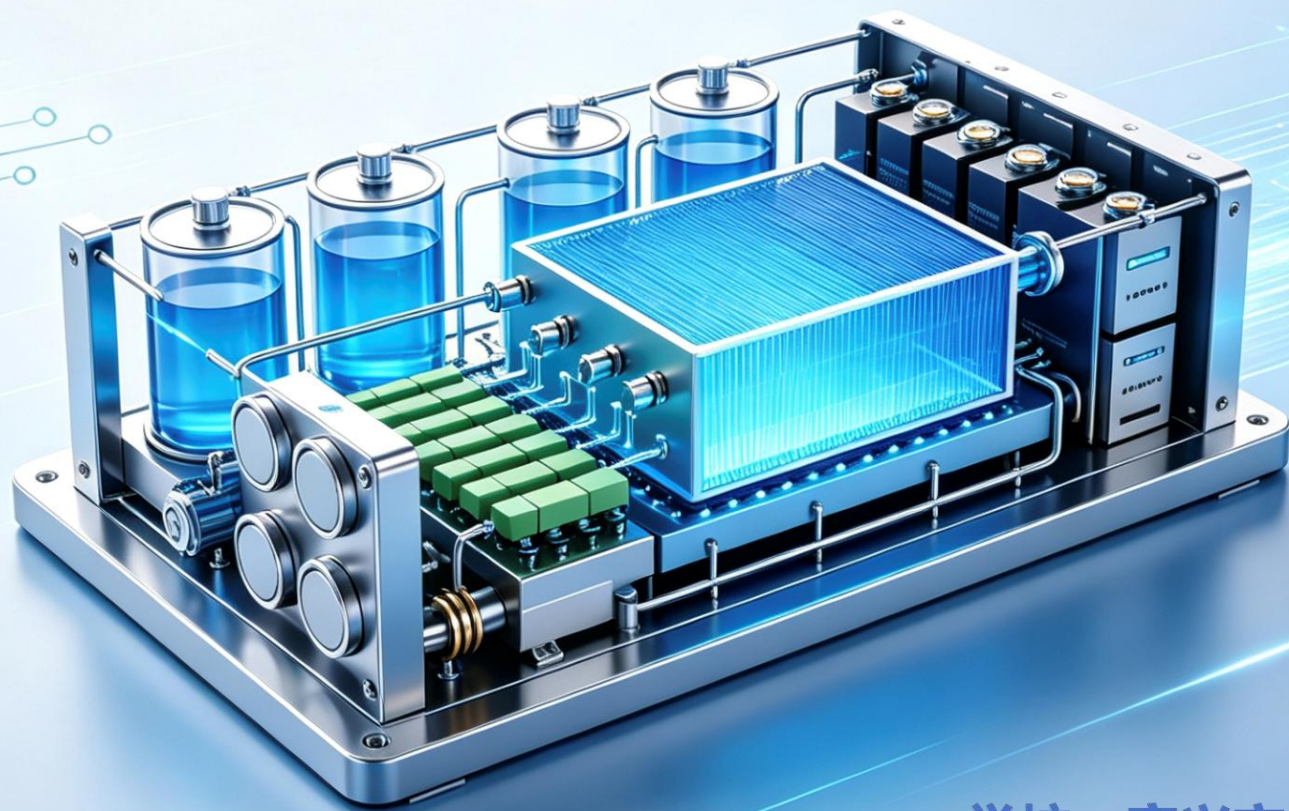


探秘全钒液流电池

——电化学原理专题复习



授课人：李佳慧

学校：宜兴市第二高级中学



任务一：探究钒元素的电化学特性

资料卡片：常见钒离子及其颜色

离子	V^{2+}	V^{3+}	VO^{2+}	VO_2^+
化合价	+2	+3	+4	+5
溶液颜色	紫色	绿色	蓝色	黄色
化学性质	强还原性	相对稳定	相对稳定	强氧化性
存在环境	酸性溶液	酸性溶液	酸性溶液	酸性溶液



结合氧化还原知识思考，钒元素为什么能够用来制作储能电池？

钒有多种价态，具有丰富的氧化还原活性，可发生不同价态钒离子之间转化的氧化还原反应



任务一：探究钒元素的电化学特性

小组探究活动1：

结合资料卡片，梳理不同价态钒离子氧化性、还原性强弱，书写核心氧化还原离子方程式，并用双线桥标注电子转移

离子	V ²⁺	V ³⁺	VO ²⁺	VO ₂ ⁺
化合价	+2	+3	+4	+5
溶液颜色	紫色	绿色	蓝色	黄色
化学性质	强还原性	相对稳定	相对稳定	强氧化性
存在环境	酸性溶液	酸性溶液	酸性溶液	酸性溶液

资料卡片：

① VO₂⁺，VO²⁺ 在酸性介质中，VO₂⁺ 具有强氧化性：



② V²⁺ 在空气中容易被氧化成 V³⁺。



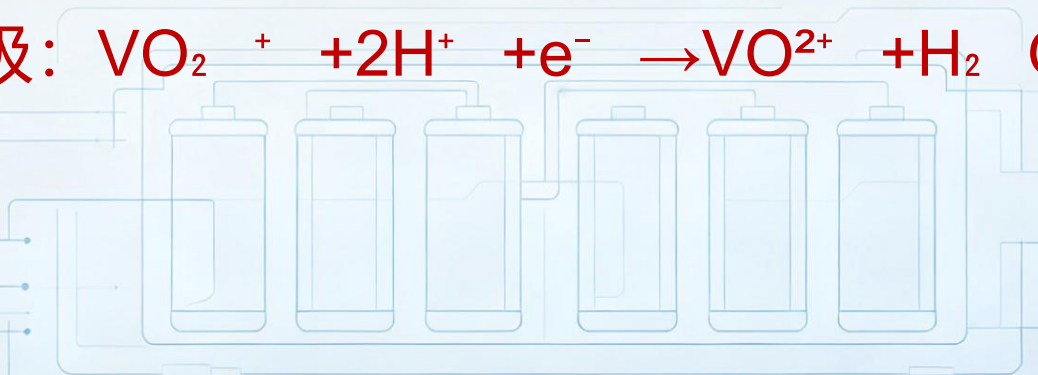
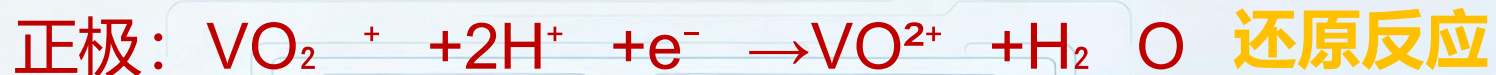


任务二：设计全钒液流电池



小组探究活动2

Q1：将上述反应设计为原电池，正负极分别是什么？电极反应式怎么书写？





任务二：设计全钒液流电池

Q2：如何把这套反应做成真实的电池？

电极材料、电解质、酸的类型、隔膜如何选择？说明理由

组件	选择	理由
电极材料	石墨	成本低、稳定、惰性导电
电解液酸化	稀硫酸酸化	提供 H^+ ，且 SO_4^{2-} 不干扰反应
隔膜	质子交换膜	只允许 H^+ 通过，阻止钒离子混合

为什么不能用HCl或 HNO_3 ？

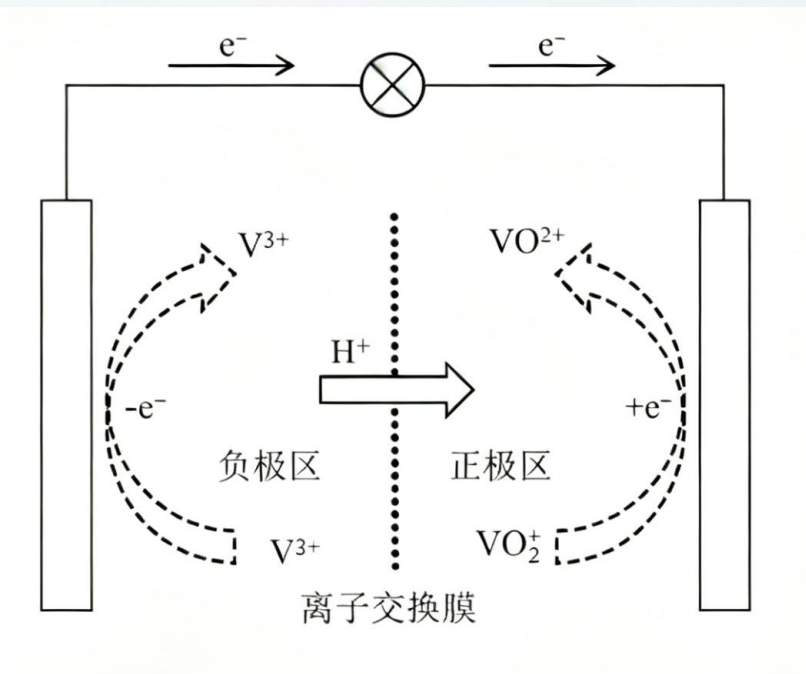
盐酸 Cl^- 会被氧化、硝酸会氧化 V^{2+}



任务二：设计全钒液流电池

小组探究活动3：绘制全钒电池放电的微观结构示意图

要求标注：正负极区、离子交换膜、电子流向（导线中）、H⁺离子迁移方向（电解液中）、各价态钒离子。





任务三：解析液流电池储电充放逻辑性

作为“电力银行”的全钒液流电池，当电池电量耗尽时，如何通过外接电源回复储能呢？逆向推导充电电极反应

	放电	充电
负极/阴极	$V^{2+} - e^{-} \rightarrow V^{3+}$	$V^{3+} + e^{-} \rightarrow V^{2+}$
正极/阳极	$VO_2^{+} + 2H^{+} + e^{-} \rightarrow VO^{2+} + H_2O$	$VO^{2+} - e^{-} + H_2O \rightarrow VO_2^{+} + 2H^{+}$

全钒液流电池充电和放电过程中内电路离子的迁移方向有什么不同？

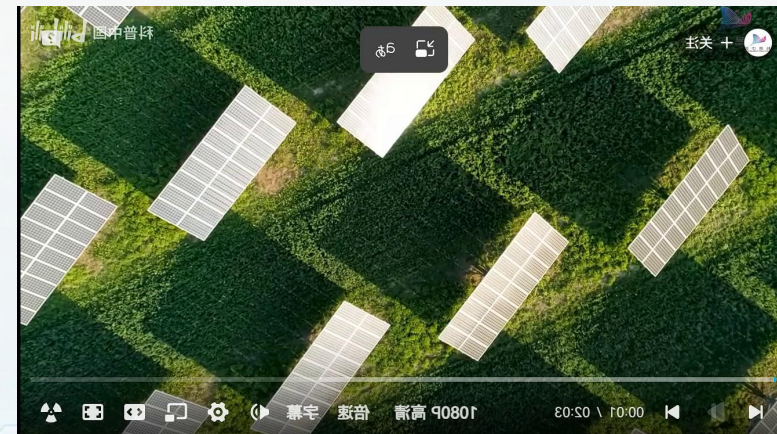
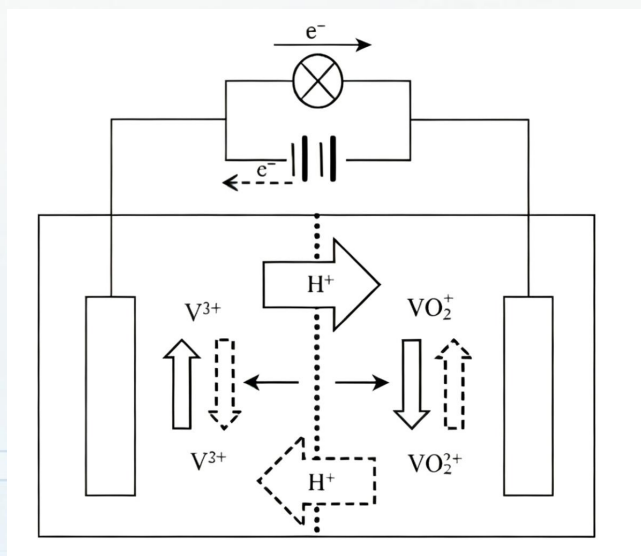
放电时：氢离子由负极移向正极

充电时：氢离子由阳极移向阴极



任务三：解析液流电池储电充放逻辑性

小组探究活动4：完善全钒液流电池的微观示意图



静止态全钒电池的电解质溶液不流动，会产生浓差极化现象，电解质容量受限，电池电容量小。



任务三：解析液流电池储电充放逻辑性

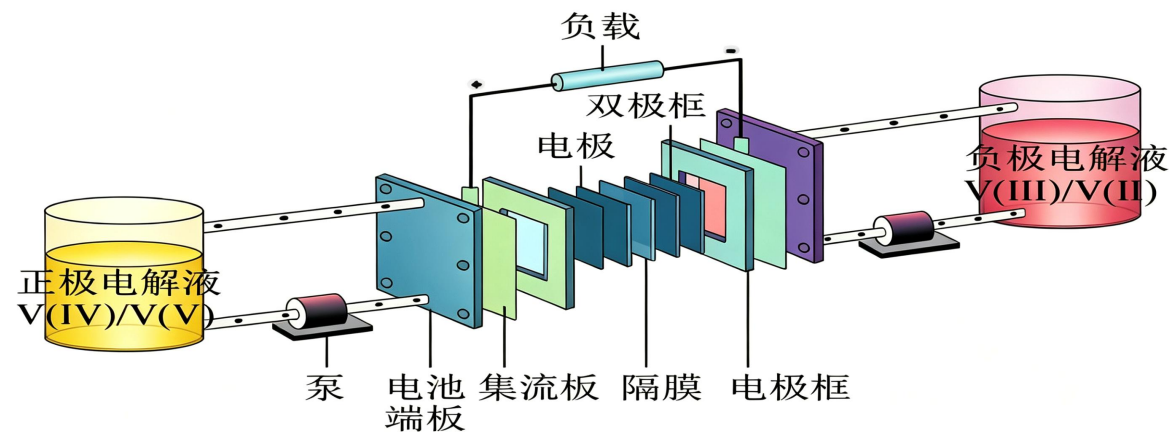


Fig 3 Schematic diagram of the structure of an all-vanadium flow battery^[7]

图 3 全钒液流电池结构示意图^[7]

设计电解液储罐 + 泵循环

消除浓差极化、提升储能容量、可按需调配功率



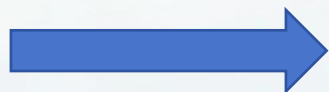
任务四：构建电化学认知解题模型

图文信息

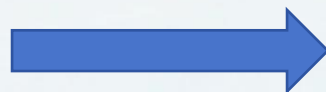


写物质
列得失
看环境，配守恒

电化学装置判断



电极判断



电极反应方程式

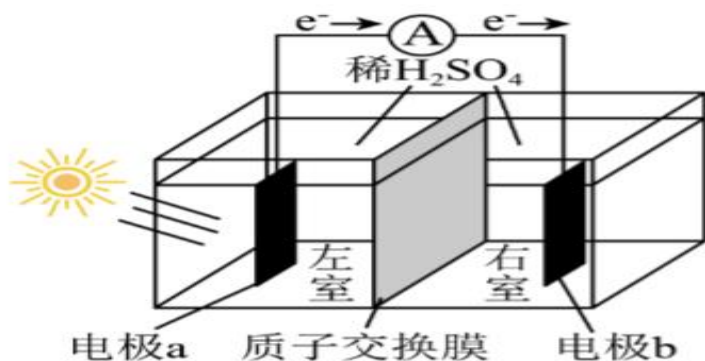
维度	原电池	电解池
电子转移	从 <u>负</u> 极经外电路到 <u>正</u> 极	从电源 <u>负</u> 极→ <u>阴</u> 极， <u>阳</u> 极→电源 <u>正</u> 极
离子迁移	阳离子向 <u>正</u> 极，阴离子向 <u>负</u> 极	阳离子向 <u>阴</u> 极，阴离子向 <u>阳</u> 极
能量转化	<u>化学</u> 能→ <u>电</u> 能 (<u>能</u> 自发)	<u>电</u> 能→ <u>化学</u> 能 (<u>不能</u> 自发)



聚焦高考：应用模型分析陌生电化学装置

8. 以稀 H_2SO_4 为电解质溶液的光解水装置如图所示，总反应为 $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\text{催化剂}]{\text{光}} 2\text{H}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$ 。下列说法正

确的是



A

- A. 电极 a 上发生氧化反应生成 O_2
- B. H^+ 通过质子交换膜从右室移向左室
- C. 光解前后， H_2SO_4 溶液的 pH 不变
- D. 外电路每通过 0.01mol 电子，电极 b 上产生 0.01molH_2



小组探究活动4：应用模型分析陌生电化学装置

钠离子电池：钠离子电池通过钠离子的可逆脱嵌与电子的定向流动实现能量存储与释放，电池以**硬碳储钠** (Na_xC_n) 材料为负极、层状 Na_yMO_2 ($\text{M}=\text{Co}, \text{Ni}, \text{Fe}, \text{Mn}, \text{V}$ 等) 材料为正极。

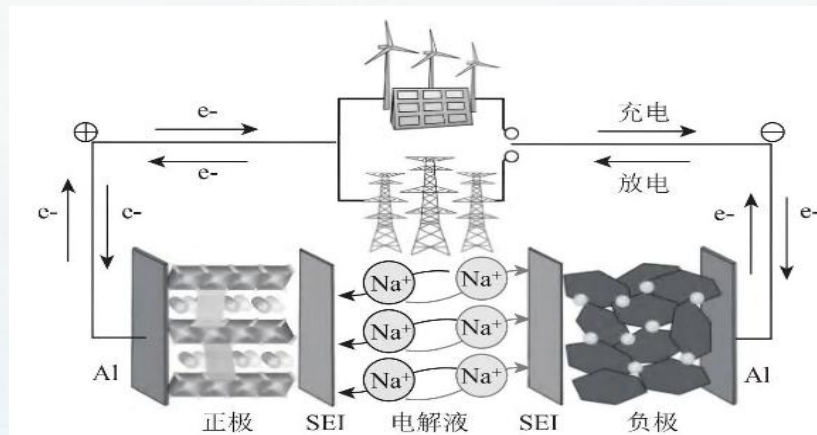
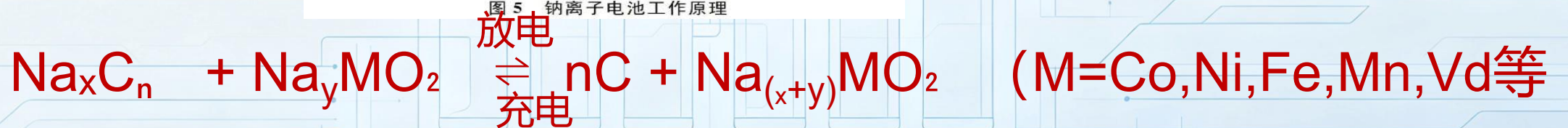


Fig 5 The working principle of sodium-ion batteries

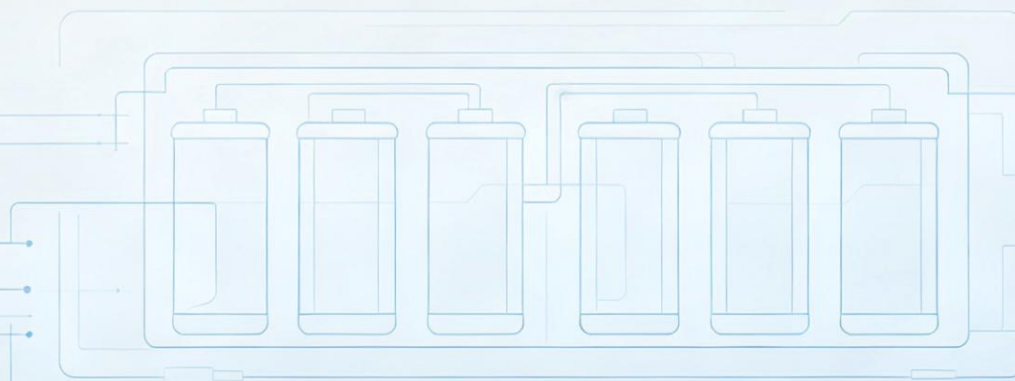
图5 钠离子电池工作原理



1. 写出放电时的电极方程式
2. 放电时 Na^+ 向哪极迁移?
3. 用什么类型的隔膜?

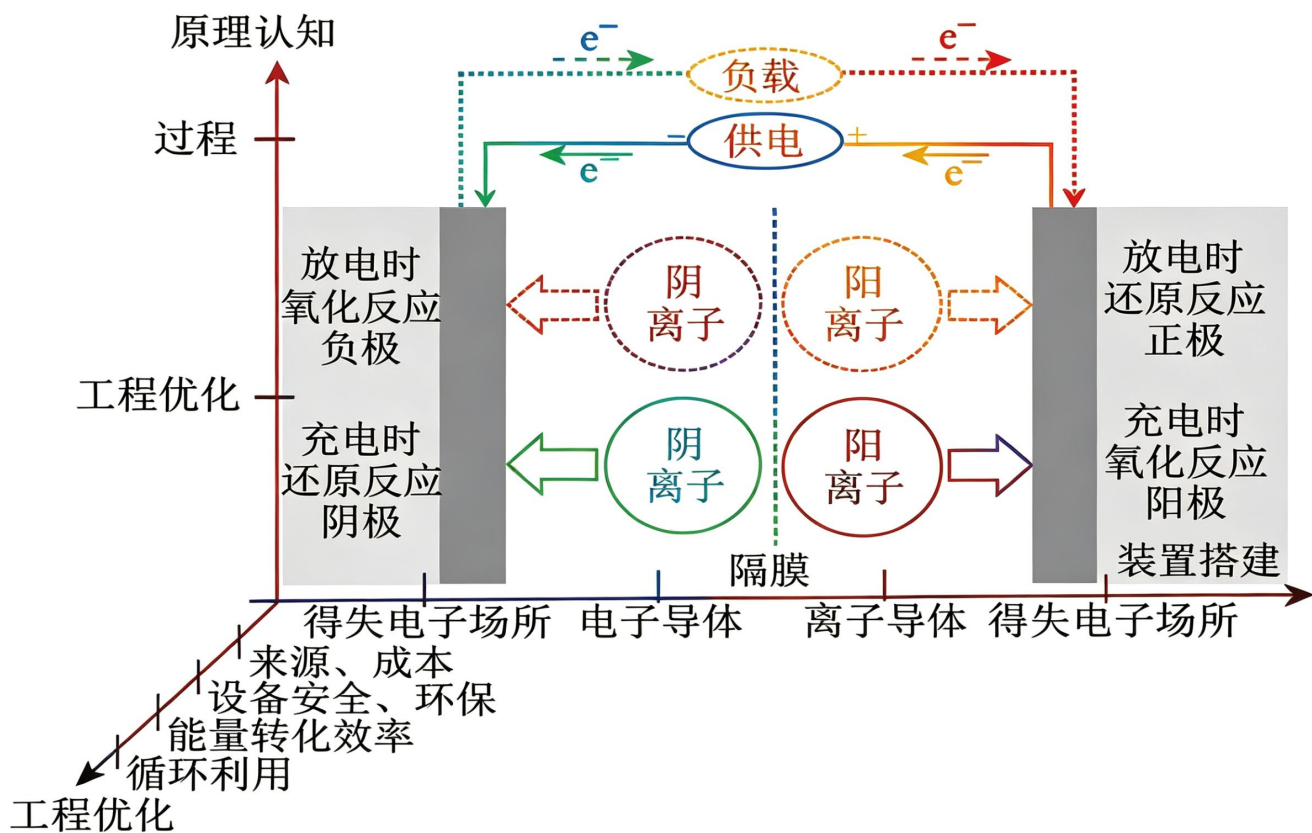


小组探究活动4：应用模型分析陌生电化学装置





课堂总结



一个模型：图文信息—电化学装置判断—电极判断—电极反应方程式

两大装置：原电池（自发放电）、电解池（外力充电）

三大核心：电极反应书写、电子/离子迁移、隔膜选择



课后思考

课后思考：全钒液流电池为什么适合做电网储能，而不适合做手机电池？（提示：能量密度、体积、成本）





课后思考

谢谢大家!

