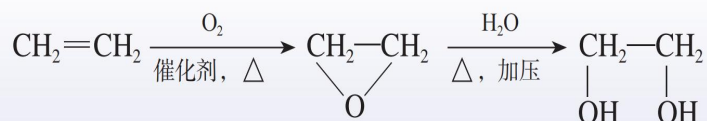


高考热点—藏在教材中的“隐形物质”之环氧乙烷和环氧丙烷

在高中化学的各类考试试题中，我们常常会发现一些散落在教材角落里的物质被命题者精心设计成构思巧妙的考题。这些物质并非教材正文中的重点内容，而是或出现在资料卡片里，或隐含在课后习题、科学视野等栏目中，平时学习时容易被大家忽略，一旦出现在试卷上，自然就会觉得有些陌生。不过，看到这类题目时大可不必慌张，因为无论物质的外在形式多么新奇，其化学行为的底层逻辑始终不变。只要牢牢抓住“结构决定性质”这一核心思想，从物质的组成微粒、化学键类型、空间构型等结构特征出发，去推导它可能具有的性质，那些看似陌生复杂的设问往往会变得清晰明了，解题的突破口也会随之显现。

思考与讨论

在实际工业生产中，乙二醇还可以通过环氧乙烷与水直接化合的方法合成，而环氧乙烷则可由乙烯直接氧化得到。请比较该方法与以上合成乙二酸二乙酯中的2、3两步反应，分析生产中选择该路线的可能原因。



该内容截取自人教版高中化学选择性必修三《有机化学基础》第三章“烃的衍生物”第89页，其中所呈现的合成流程具有较高的考察重要性，笔者在教学中通常要求学生书写对应转化过程的化学方程式，并达到熟练掌握的水平，其原因在于，该流程在高考有机综合大题的最后一问——目标有机物制备流程类设问中，往往能够成为解题的关键突破口，对问题的正确解答具有重要作用。今天我们就来认识一下环氧乙烷和环氧丙烷。

一、认识环氧乙烷

1、分子式： $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$

2、分子结构：

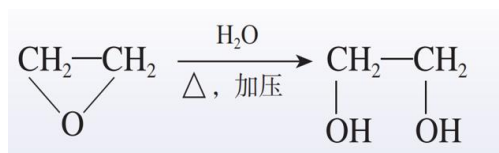
最简单的环醚，氢原子环境只一种，属于杂环类化合物

3、物理性质：

常温下为无色带有醚刺激性气味的气体，在低温下为无色透明液体，与水以任何比例混溶，能溶于醇、醚。

4、化学性质：

(1) 开环加成反应



(2) 受热后易聚合



5、用途：制取环氧树脂

二、认识环氧丙烷

包装袋等。

近年来，我国科学工作者已成功研究出以 CO_2 为主要原料生产可降解高分子材料的技术。 CO_2 是稳定分子，要让它转化为高分子是很困难的。然而他们发现稀土催化剂能活化 CO_2 ，使之与环氧丙烷($\text{CH}_2-\text{CHCH}_3$)等反应生成



聚合物。这种工艺目前已投入小规模生产，为消除“白色污染”和减轻温室效应作出了贡献。



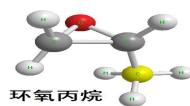
图5-4 微生物降解塑料

这是人教版 选必三《有机化学基础》第五章“合成高分子” P140 的截图

易错点：环氧丙烷不是三个碳原子与一个氧原子形成的四元杂环，而是甲基环氧乙烷，也是三元杂环。

1、物理性质：无色醚味液体，低沸点；

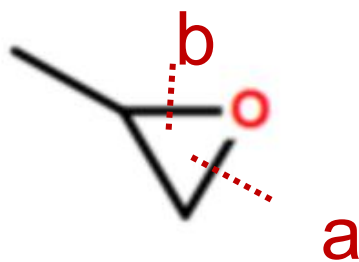
2、化学性质：易燃；开环加成；



3、键线式与球棍模型：

思考：（1）环氧丙烷分子中是否有手性碳原子？几个？

（2）从结构角度解释，环氧丙烷发生开环加成时 a 处和 b 处哪一侧更容易断键？



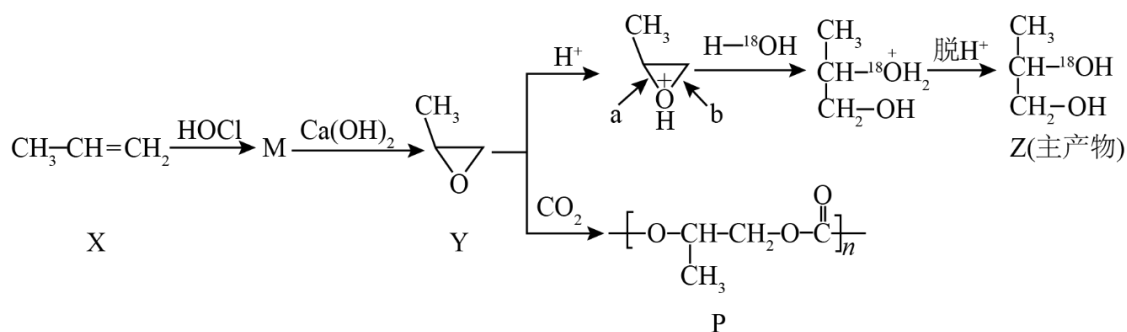
答案：

（1）有 1 个手性碳原子。

（2）a 处更容易断键，b 处碳氧键有甲基，甲基是推电子基，使碳氧键极性变小，更不易断键。

例题精讲

1.(2024·浙江 6 月·高考真题) 丙烯可发生如下转化(反应条件略)：

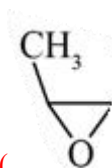


下列说法不正确的是

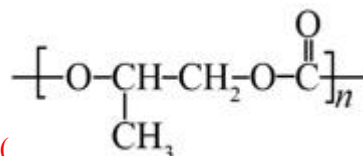
- A. 产物 M 有 2 种且互为同分异构体(不考虑立体异构)
- B. H^+ 可提高 $Y \rightarrow Z$ 转化的反应速率
- C. $Y \rightarrow Z$ 过程中，a 处碳氧键比 b 处更易断裂
- D. $Y \rightarrow P$ 是缩聚反应，该工艺有利于减轻温室效应

【答案】D

【解析】丙烯与 HOCl 发生加成反应得到 M ， M 有 $\text{CH}_3\text{-CHCl-CH}_2\text{OH}$ 和 $\text{CH}_3\text{-CHOH-CH}_2\text{Cl}$



两种可能的结构，在 Ca(OH)_2 环境下脱去 HCl 生成物质 Y (), Y 在 H^+ 环境水解引入

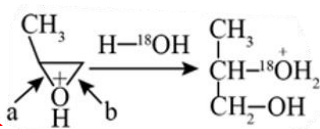


羟基再脱 H^+ 得到主产物 Z ; Y 与 CO_2 可发生反应得到物质 P ()。

【解析】

A. 据分析，产物 M 有 2 种且互为同分异构体(不考虑立体异构)，A 正确；

B. 据分析， H^+ 促进 Y 中醚键的水解，后又脱离，使 Z 成为主产物，在该过程中， H^+ 是催化剂，故其可提高 $\text{Y} \rightarrow \text{Z}$ 转化的反应速率，B 正确；



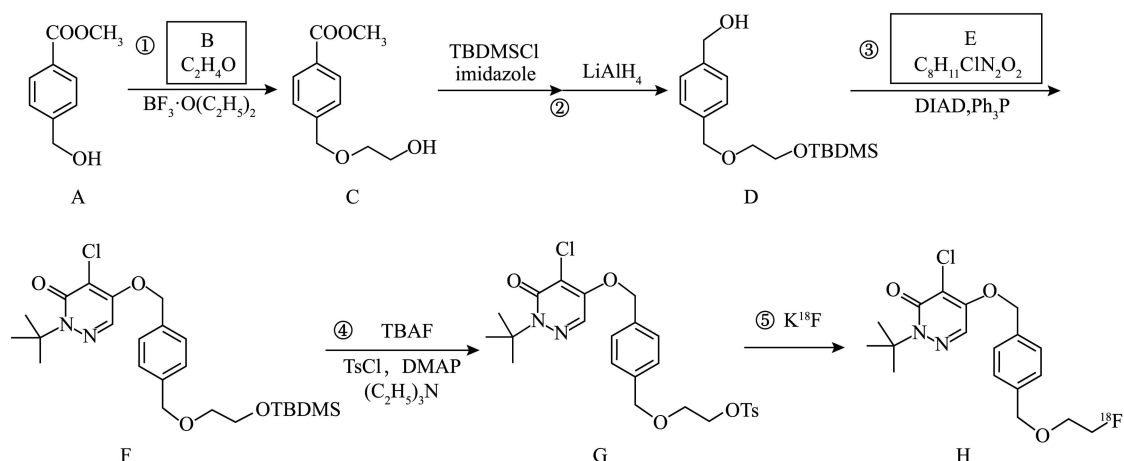
C. 从题干部分可看出，是 a 处碳氧键断裂，故 a 处碳氧键比 b 处更易断裂，C 正确；

D. $\text{Y} \rightarrow \text{P}$ 是 CO_2 与 Y 反应，没有小分子生成，不是缩聚反应，该工艺有利于消耗 CO_2 ，减轻温室效应，D 错误；

故选 D。

课外训练

1. (2026 · 全国 · 高考真题) 化合物 H 是新研发的医学成像示踪剂。 H 的一种合成路线如下：



回答下列问题。

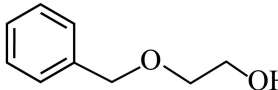
(1) A 中含氧官能团有 _____ (填名称)。 A 的核磁共振氢谱有组峰；峰面积比是 _____ (从大到小排列)。

(2) B 中所有氢原子的化学环境相同， B 的名称为 _____。

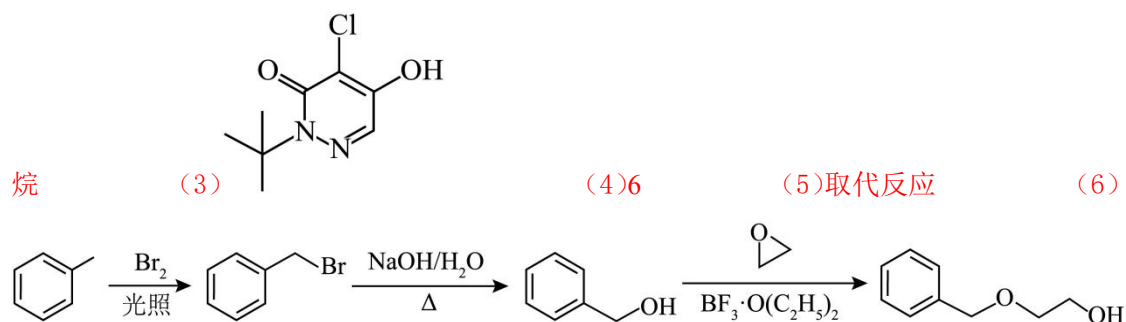
(3) E 的结构简式为_____。

(4) $(C_2H_5)_3N$ 是一种三级胺(三烷基胺)，其同分异构体中，属于三级胺的有
种(不考虑立体异构)。

(5) ⑤的反应类型是_____。

(6) 参照反应①，写出以甲苯和 B 为原料合成化合物  的路线：_____。

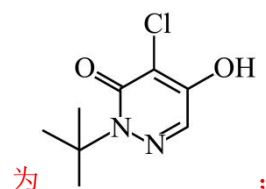
【答案】(1) ① 酯基、羟基 ② 5 ③ 3:2:2:2:1 (2) 环氧乙



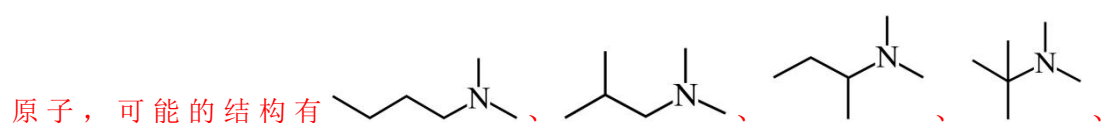
【解析】(1) 由 A 的结构可知，A 中含氧官能团有酯基、羟基；在化合物 A 中，酯甲基上有三个相同的氢原子，苯环上共有四个氢原子，其左右是对称的，因此有上下两种不同的氢原子，另外 $-CH_2OH$ 有 2 种不同的氢原子，，因此这个化合物中共有 5 种不同的氢原子，峰面积比对应于每种氢的个数，即从大到小为 3:2:2:2:1；

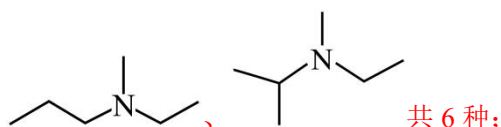
(2) B 的分子式为 C_2H_4O ，其所有氢原子的化学环境相同，说明该化合物具有对称性结构，由分子式可知其有 1 个不饱和度，再结合 B 与 A 反应生成的产物 C 的结构可推知其存在 $-CH_2-CH_2-$ 结构片段，由此可推知 B 的结构式为 ，名称为环氧乙烷；

(3) 从 D 和 E 反应生成化合物 F 的结构可知，D 与 E 发生取代反应得到 F，故 E 的结构简式

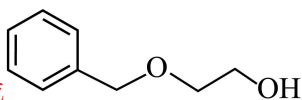
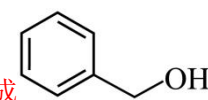


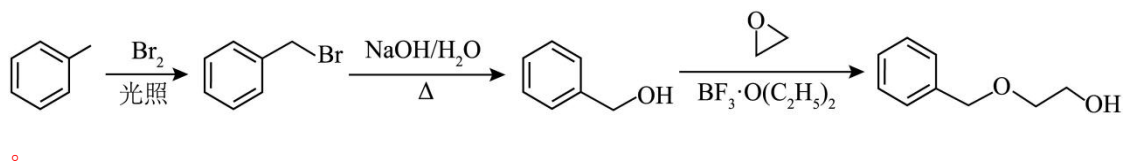
(4) $(C_2H_5)_3N$ 是一种三级胺，即同一个 N 原子上连有 3 个烃基，其同分异构体中含有 6 个 C





(5) 从 G 与 H 的结构差异可知， $-^{18}\text{F}$ 基团取代了 $-\text{OTs}$ 基团，故该反应为取代反应；

(6) 由反应① 可知，要合成  需先合成 ，由甲苯得到苯甲醇可通过先溴代后水解的路径实现，故合成路线为：



2. (2025·湖南高考) 以钛掺杂沸石为催化剂，用丙烯 () 为原料生产环氧丙烷

() 的反应机理如图所示。下列说法正确

的是

- A. 过程中 II 是催化剂
- B. 过程中有极性键和非极性键的断裂和形成
- C. 过程中 Ti 元素的化合价发生了变化
- D. 丙烯与双氧水反应生成环氧丙烷的原子利用

率为 100%

【答案】B

【解析】

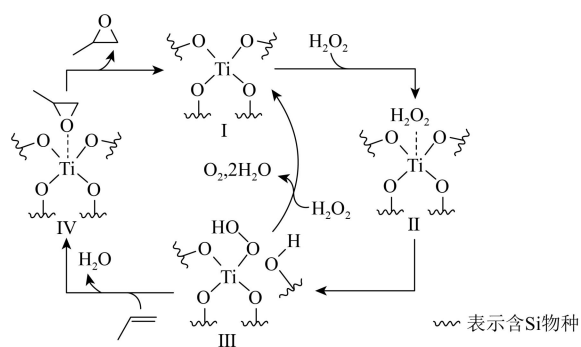
【详解】A. 根据反应原理，I 先消耗再生成，是整个历程的催化剂，II 先生成，再消耗，是中间产物，A 错误；

B. 过程中存在 H_2O_2 中 $\text{O}-\text{O}$ 非极性键的断裂，以及 O_2 中非极性键的形成；还存在 $\text{O}-\text{H}$ 极性键的断裂，以及 $\text{O}-\text{C}$ 极性键的形成，B 正确；

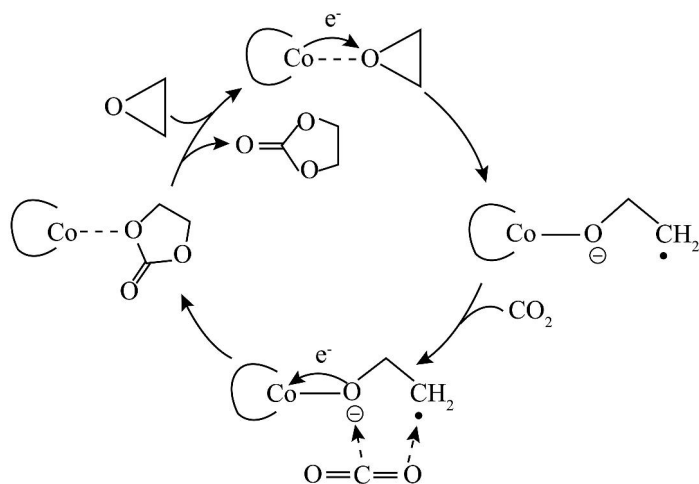
C. 过程中 Ti 的化学键 ($\text{Ti}-\text{O}$) 始终是 4 个，配位键不会改变 Ti 的化合价，故 Ti 元素的化合价不变，C 错误；

D. 反应生成了 H_2O ，且存在 H_2O_2 的分解反应，原子利用率小于 100%，D 错误；

故选 B。



3. (2026 年普通高等学校招生全国统一考试理科综合·化学部分) 6. 一种含钴(II)的多酸阴离子 $[\text{CoPW}_{11}\text{O}_{39}]^{5-}$ (以 Co 表示) 能催化 O  和 CO_2 的反应, 制备 $\text{O}=\text{O}$  , 其反应历程如图所示。



下列叙述正确的是

- A. O  和 CO_2 均含有极性键, 都是极性分子
- B. 反应过程中 Co 的化合价保持不变
- C. 该制备反应的原子利用率为 100%
- D. 用 ^{18}O  替换 O  , 反应生成 $^{18}\text{O}=\text{O}$ 

【答案】C

【解析】

【详解】A. 二氧化碳的分子结构为结构对称的直线形, 正负电荷中心重合, 属于非极性分子, A 错误;

B. 由图可知, 反应历程中存在电子转移, 钴元素在反应过程中存在电子的得失, 化合价会发生变化, B 错误;

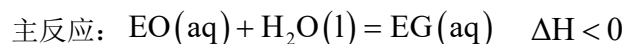
C. 由图可知, 该反应为环氧乙烷和二氧化碳的加成反应生成 $\text{O}=\text{O}$  , 所以制备反应的原子利用率为 100%, C 正确;

D. 由图可知, ^{18}O  与二氧化碳发生加成反应生成 $\text{O}=\text{O}$  , D 错误;

故选 C。

4.. (2025 年河北省普通高中学业水平选择性考试化学) 17. 乙二醇(EG)是一种重要的基础化工原料, 可通过石油化工和煤化工等工业路线合成。

(1) 石油化工路线中, 环氧乙烷(EO)水合工艺是一种成熟的乙二醇生产方法, 环氧乙烷和水反应生成乙二醇, 伴随生成二乙二醇(DEG)的副反应。



体系中环氧乙烷初始浓度为 $1.5\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 恒温下反应 30min, 环氧乙烷完全转化, 产物中 $n(\text{EG}):n(\text{DEG})=10:1$ 。

①0~30min 内, $v_{\text{总}}(\text{EO}) = \underline{\hspace{2cm}} \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 。

②下列说法正确的是 (填序号)。

a. 主反应中, 生成物总能量高于反应物总能量

b. 0~30min 内, $v_{\text{总}}(\text{EO}) = v_{\text{总}}(\text{EG})$

c. 0~30min 内, $v_{\text{主}}(\text{EG}):v_{\text{副}}(\text{DEG})=11:1$

d. 选择适当催化剂可提高乙二醇的最终产率

【答案】(1) ①. $0.05\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ②. cd

【解析】

【小问 1 详解】

①0~30min 内, 环氧乙烷完全转化,

$$v_{\text{总}}(\text{EO}) = \frac{\Delta c_{\text{总}}(\text{EO})}{\Delta t} = \frac{1.5\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}}{30\text{min}} = 0.05\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1};$$

②a. $\Delta H = \text{生成物总能量} - \text{反应物总能量}$, 主反应中, $\Delta H < 0$, 则生成物总能量低于反应物总能量, a 错误;

b. 由题中信息可知主反应伴随副反应发生, EG 作为主反应的生成物同时也是副反应的反应物, 即 EG 浓度的变化量小于 EO 浓度的变化量, 0~30min 内, $v_{\text{总}}(\text{EO}) > v_{\text{总}}(\text{EG})$, b 错误;

c. 主反应中, $v_{\text{主}}(\text{EG}) = v_{\text{主}}(\text{EO})$, 副反应 $v_{\text{副}}(\text{EG}) = v_{\text{副}}(\text{DEG})$, 同一反应体系中物

质一量变化量之比等于浓度变化量之比，产物中 $n(\text{EG}):n(\text{DEG})=10:1$ ，即

$c(\text{EG}):c(\text{DEG})=10:1$ ， $v_{\text{总}}(\text{EG})=v_{\text{主}}(\text{EG})-v_{\text{副}}(\text{EG})$ ，反应时间相同，则

$v_{\text{总}}(\text{EG}):v_{\text{副}}(\text{DEG})=10:1$ ， $\frac{v_{\text{主}}(\text{EG})-v_{\text{副}}(\text{EG})}{v_{\text{副}}(\text{DEG})}=10:1$ ，则

$v_{\text{主}}(\text{EG}):v_{\text{副}}(\text{DEG})=11:1$ ，c 正确；

d. 选择适当催化剂可提高主反应的选择性，可提高 乙二醇的最终产率，d 正确；

故选 cd；