



# 第四章 酶与酶促反应

## Enzymes and Enzyme-Catalyzed reactions



# 目录

第一节 酶分子的结构与功能

第二节 酶的工作原理

第三节 酶促反应动力学

第四节 酶的调节

第五节 酶的分类与命名

第六节 酶在医学中的应用

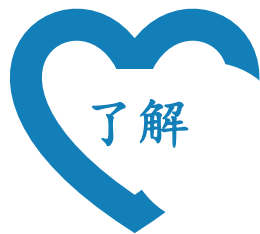
## 重点难点



酶的分子组成、酶的活性中心  
同工酶  
酶促反应特点、米氏方程、  
别构调节、化学修饰调节、酶原及其激活



熟悉影响酶促反应速率的因素及其机制



酶的分类与命名、酶在医学中的应用



# 第一节 酶的分子结构与功能

## Structure and Function of Enzymes

---



## 按酶的结构分

单体酶

由一条肽链组成的酶

寡聚酶

由多个相同或不同的肽链（即亚基）以非共价键连接组成的酶

多酶复合物/  
多酶体系

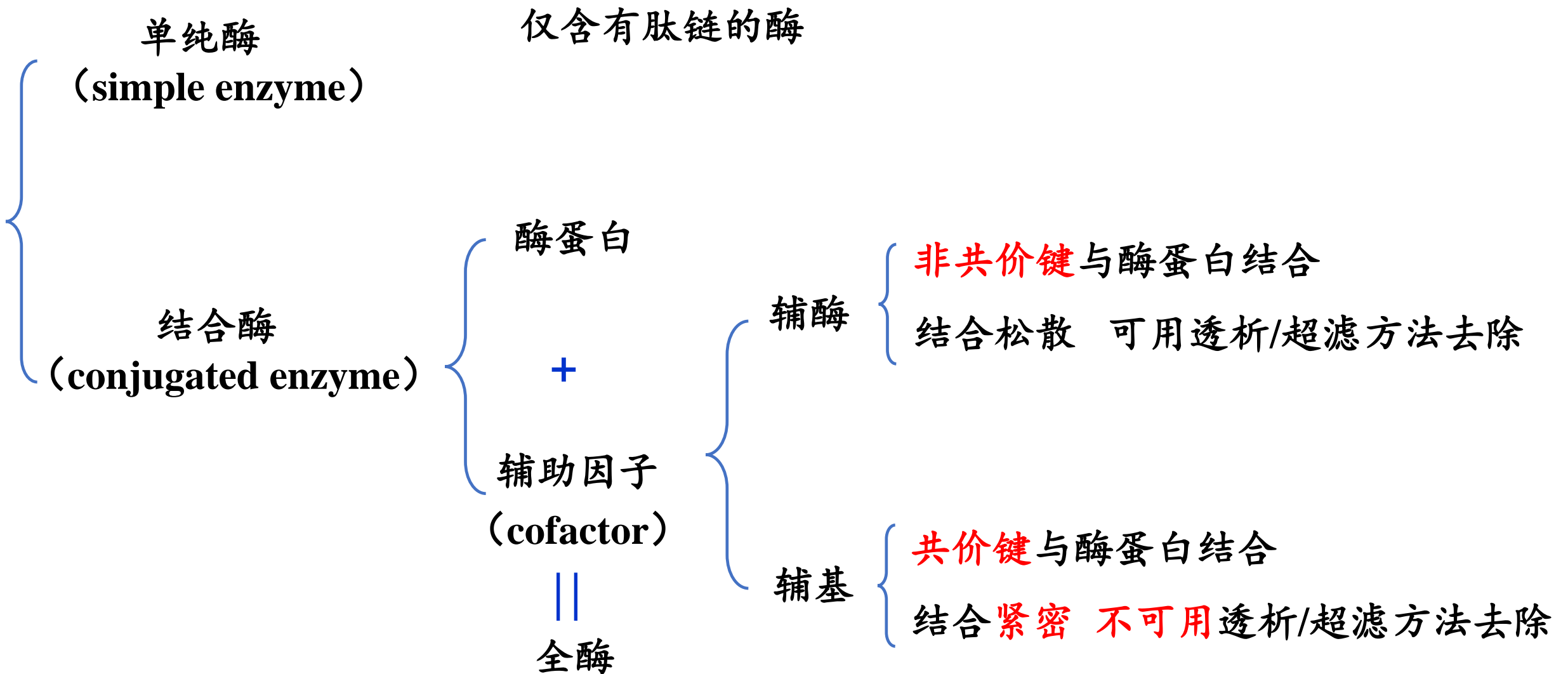
某一代谢途径中，按序催化完成一组连续反应的几种具有不同催化功能的酶，可彼此聚合形成一个结构和功能上的整体

丙酮酸脱氢酶复合体

多功能酶

一条肽链上同时具有多种不同的催化功能

# 一、酶的分子组成



# 部分辅酶/辅基在催化中的作用

辅酶或辅基	缩写	转移的基团	所含的维生素
烟酰胺腺嘌呤二核苷酸，辅酶I	NAD <sup>+</sup>	氢原子、电子	烟酰胺（维生素PP）
烟酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸，辅酶II	NADP <sup>+</sup>	氢原子、电子	烟酰胺（维生素PP）
黄素单核苷酸	FMN	氢原子	维生素B <sub>2</sub>
黄素腺嘌呤二核苷酸	FAD	氢原子	维生素B <sub>2</sub>
焦磷酸硫胺素	TPP	醛基	维生素B <sub>1</sub>
磷酸吡哆醛		氨基	维生素B <sub>6</sub>
辅酶A	CoA	酰基	泛酸
生物素		CO <sub>2</sub>	生物素
四氢叶酸	FH <sub>4</sub>	一碳单位	叶酸
甲基钴胺素		甲基	维生素B <sub>12</sub>
5'-脱氧腺苷钴胺素		相邻碳原子上氢原子、烷基、羧基的互换	维生素B <sub>12</sub>

某些金属酶和金属激活酶

金属酶	金属离子	金属激活酶	金属离子
过氧化氢酶	Fe <sup>2+</sup>	丙酮酸激酶	K <sup>+</sup> 、Mg <sup>2+</sup>
过氧化物酶	Fe <sup>2+</sup>	丙酮酸羧化酶	Mn <sup>2+</sup> 、Zn <sup>2+</sup>
己糖激酶	Mg <sup>2+</sup>	蛋白激酶	Mg <sup>2+</sup> 、Mn <sup>2+</sup>
固氮酶	Mo <sup>2+</sup>	精氨酸酶	Mn <sup>2+</sup>
核糖核苷酸还原	Mn <sup>2+</sup>	磷脂酶C	Ca <sup>2+</sup>
羧基肽酶	Zn <sup>2+</sup>	细胞色素氧化酶	Cu <sup>2+</sup>
碳酸酐酶	Zn <sup>2+</sup>	脲酶	Ni <sup>2+</sup>

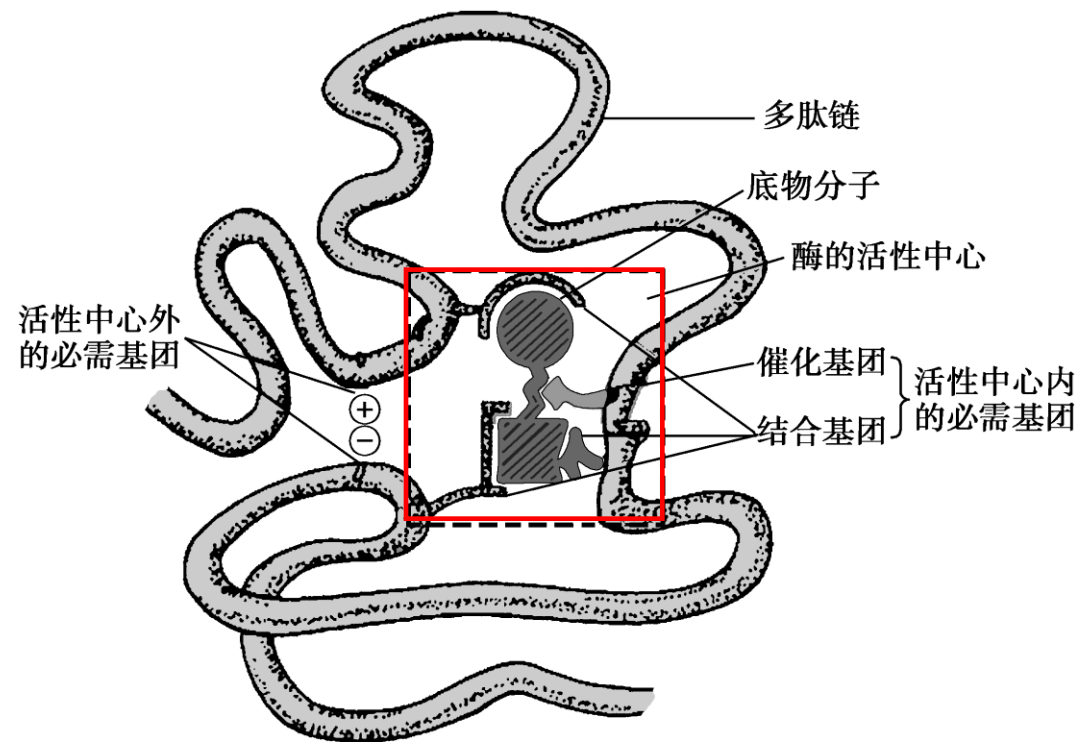
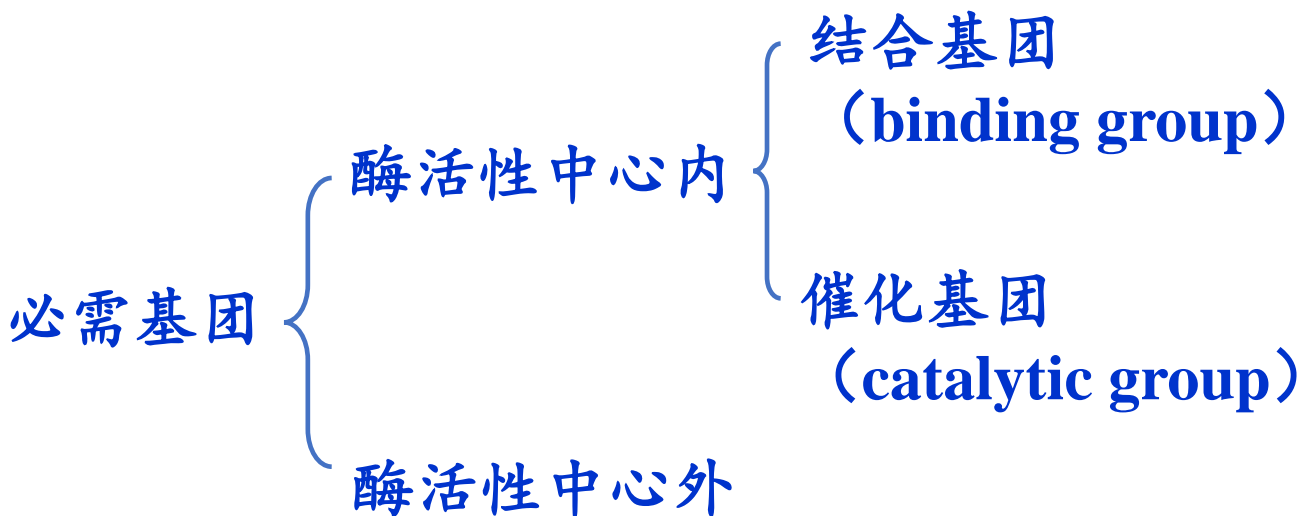


## 二、酶的活性中心是酶分子执行其催化功能的部位

### 酶的活性中心：

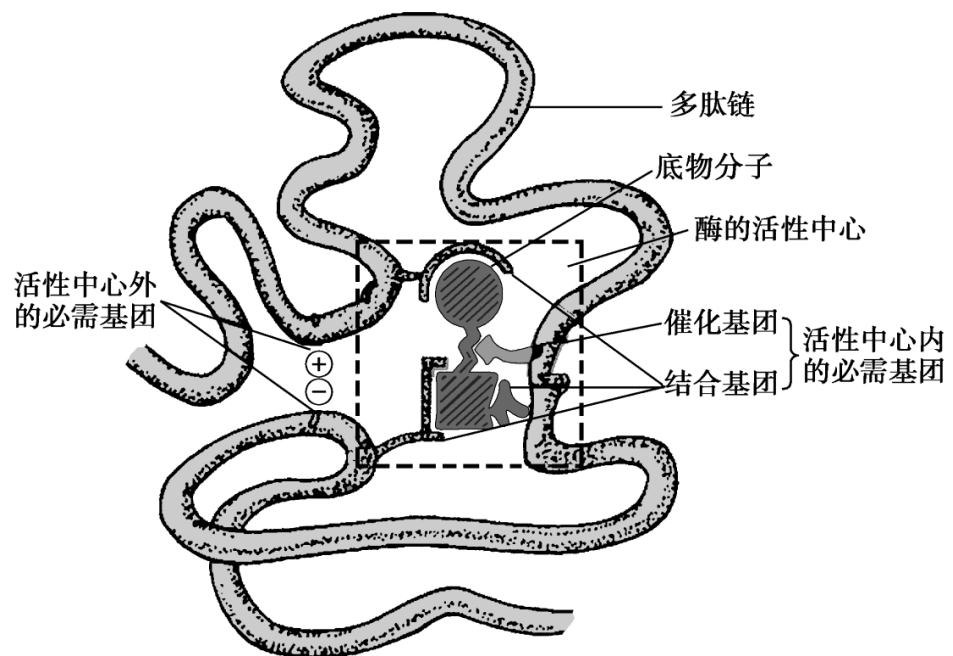
酶分子中能与底物特异地结合并催化底物转变为产物的具有特定三维结构的区域。

必需基团：与酶的活性密切相关的基团。



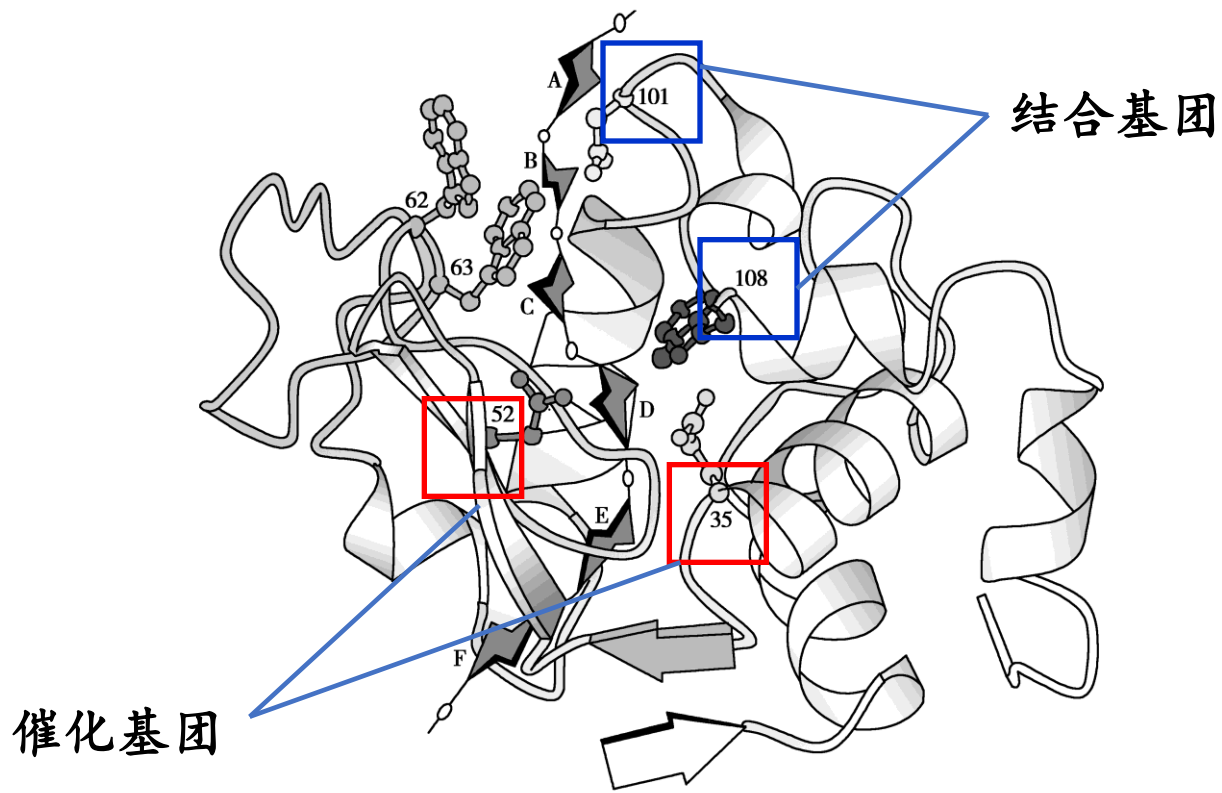
酶的活性中心示意图

## 二、酶的活性中心是酶分子执行其催化功能的部位



酶的活性中心示意图

特点：体积小  
具有三维空间构象  
形成一个**裂缝或凹陷**  
以**共价键**与底物结合

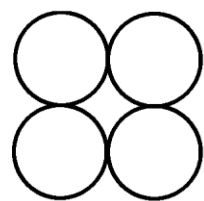


溶菌酶的活性中心

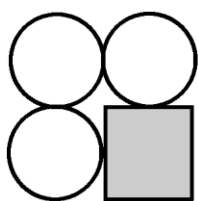
### 三、同工酶催化相同的化学反应

#### 同工酶 (isoenzyme或isozyme)

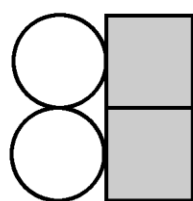
是指**催化相同的化学反应**，但酶蛋白的**分子结构、理化性质乃至免疫学性质不同**的一组酶。



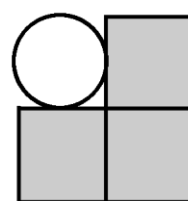
H<sub>4</sub>  
LDH1



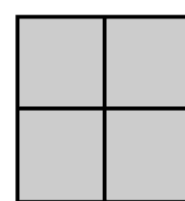
H<sub>3</sub>M<sub>1</sub>  
LDH2



H<sub>2</sub>M<sub>2</sub>  
LDH3



HM<sub>3</sub>  
LDH4



M<sub>4</sub>  
LDH5

乳酸脱氢酶：四聚体

亚基：M亚基（骨骼肌型）  
H亚基（心肌型）

乳酸脱氢酶同工酶的亚基构成

# 三、同工酶催化相同的化学反应

人体各组织器官**乳酸脱氢酶**同工酶谱（活性%）

LDH 同工酶	亚基组成	红细胞	白细胞	血清	骨骼 肌	心 肌	肺	肾	肝	脾
<b>LDH<sub>1</sub></b>	H <sub>4</sub>	43	12	27	0	<b>73</b>	14	43	2	10
LDH <sub>2</sub>	H <sub>3</sub> M <sub>1</sub>	44	49	34.7	0	24	34	44	4	25
LDH <sub>3</sub>	H <sub>3</sub> M <sub>1</sub>	12	33	20.9	5	3	35	12	11	40
LDH <sub>4</sub>	H <sub>3</sub> M <sub>1</sub>	1	6	11.7	16	0	5	1	27	20
<b>LDH<sub>5</sub></b>	M <sub>4</sub>	0	0	5.7	<b>79</b>	0	12	0	56	5

亚基：

H亚基（心肌型）

M亚基（骨骼肌型）

## 本节小结

酶按分子结构分为单纯酶和结合酶。

结合酶由酶蛋白和辅助因子（辅酶/辅基）组成。

**酶的活性中心：**

酶分子中能与底物特异地结合并催化底物转变为产物的具有特定三维结构的区域。

酶的活性中心包含结合基团和催化基团。

必需基团位于酶活性中心内和酶活性中心外。

同工酶是指催化相同的化学反应，但酶蛋白的分子结构、理化性质乃至免疫学性质不同的一组酶。



## 第二节 酶的工作原理

## Working Principles of Enzymes



# 一、酶具有不同于一般催化剂的显著特点

## 酶与一般催化剂的相同点

都只能催化热力学允许的化学反应；

在化学反应前后都没有质和量的改变；

只能加速反应的进程，而不改变反应的平衡点，即不改变反应的平衡常数

# 一、酶具有不同于一般催化剂的显著特点

- (一) 酶对底物具有极高的催化效率
- (二) 酶对底物具有高度的特异性
- (三) 酶的活性与酶的含量具有可调节性
- (四) 酶具有不稳定性



# 一、酶具有不同于一般催化剂的显著特点

## (一) 酶对底物具有极高的催化效率

某些酶与一般催化剂催化效率的比较

底物	催化剂	反应温度 (°C)	速率常数
苯酰胺	H <sup>+</sup>	52	$2.4 \times 10^{-6}$
	OH <sup>-</sup>	53	$8.5 \times 10^{-6}$
	$\alpha$ -胰凝乳蛋白酶	25	14.9
尿素	H <sup>+</sup>	62	$7.4 \times 10^{-7}$
	脲酶	21	$5.0 \times 10^6$

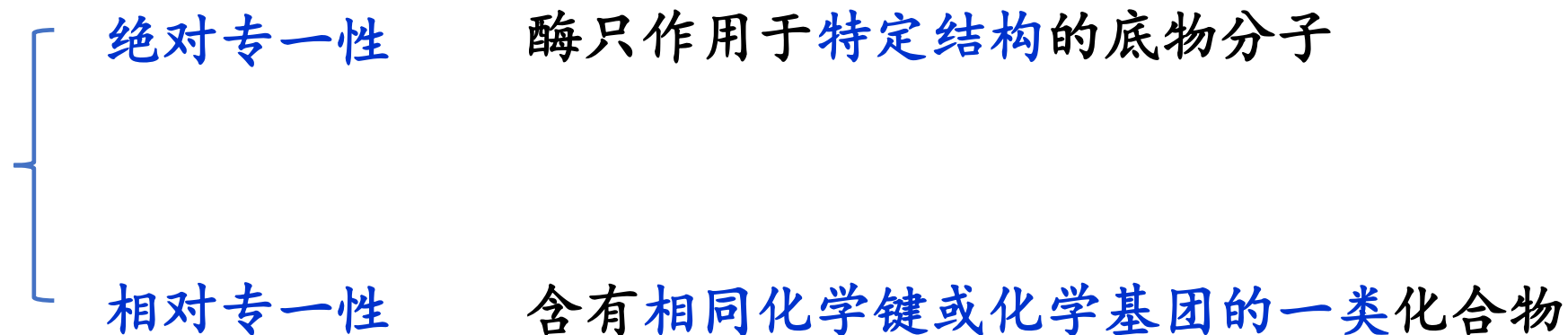
酶促反应比非催化反应高 $10^8 \sim 10^{20}$ 倍

酶促反应比一般催化反应高 $10^7 \sim 10^{13}$ 倍

## (二) 酶对底物具有高度的特异性

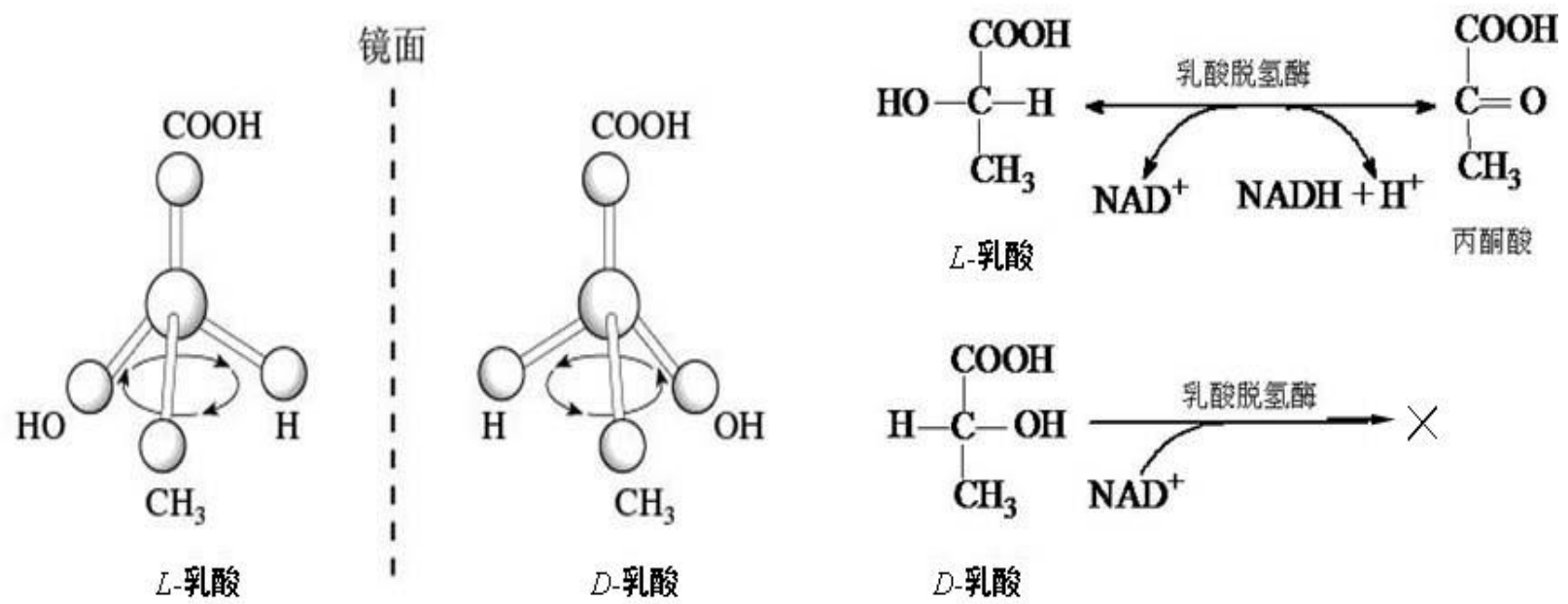
酶的特异性 (enzyme specificity) /酶的专一性:

一种酶仅作用于一种或一类化合物, 或一定的化学键, 催化一定的化学反应并产生一定的产物



# (二) 酶对底物具有高度的特异性

## 绝对专一性



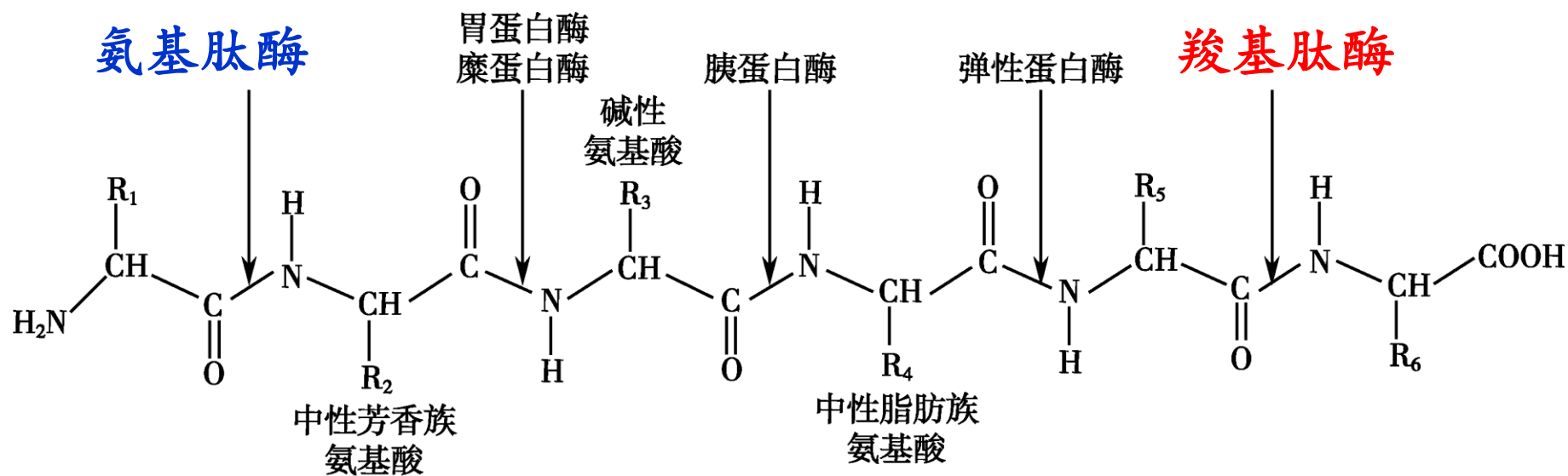
## 立体异构特异性

乳酸脱氢酶催化**L-乳酸**脱氢

## (二) 酶对底物具有高度的特异性

### 相对专一性

底物分子中特定的化学键或特定的基团



消化道中各种蛋白酶对肽键的专一性

# 一、酶具有不同于一般催化剂的显著特点

## (三) 酶的活性与酶的含量具有可调节性

酶的生物合成的诱导和阻遏

酶的化学修饰

抑制物的调节作用

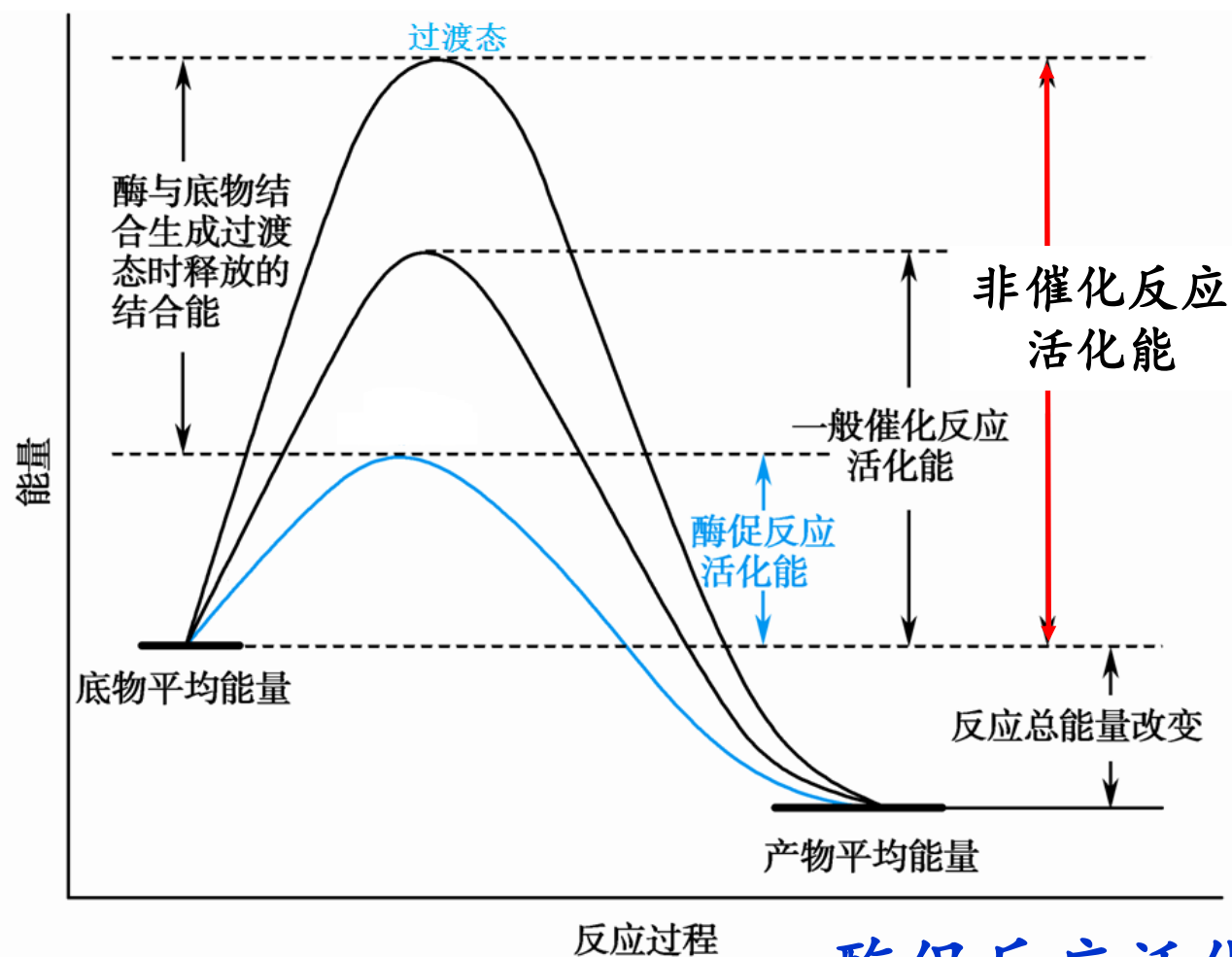
代谢物对酶的反馈、调节

酶的别构调节

## (四) 酶具有不稳定性

## 二、酶通过促进底物形成过渡态而提高反应速率

### (一) 酶比一般催化剂更有效地降低反应的活化能



活化能 (activation energy) :

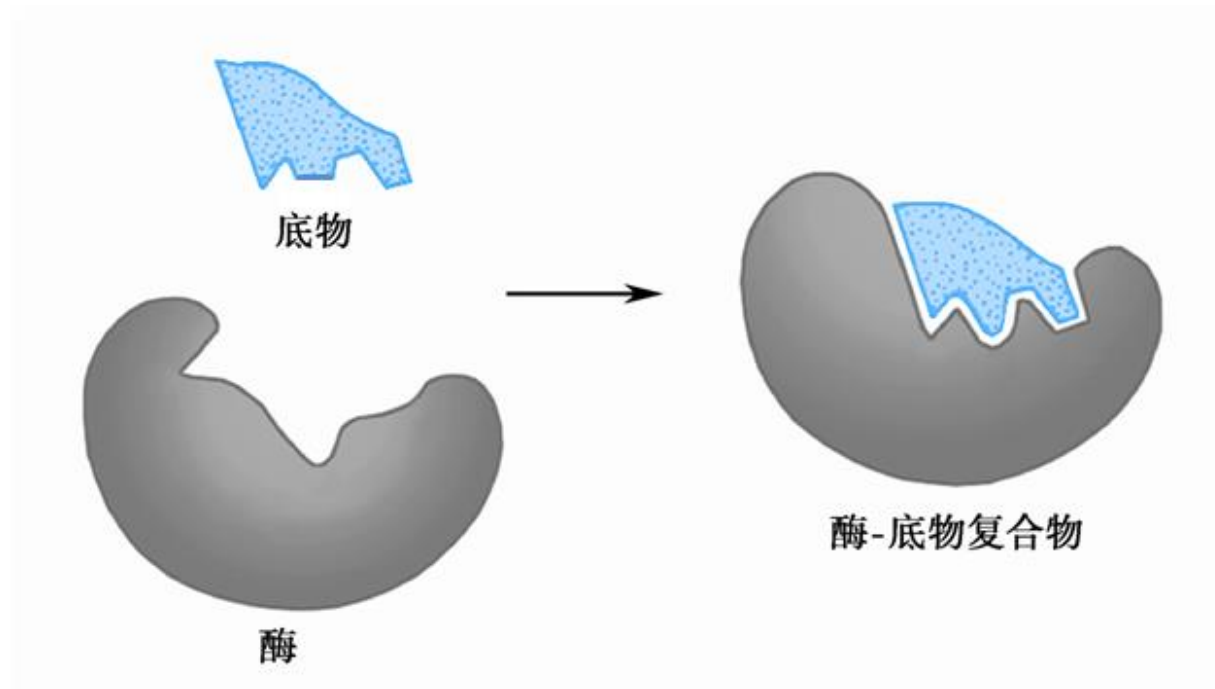
是指在一定温度下, 1 mol 反应物从基态转变成过渡态所需要的自由能, 即过渡态中间物比基态反应物高出的那部分能量。

### 酶促反应活化能的变化

## 二、酶通过促进底物形成过渡态而提高反应速率

### (二) 酶与底物结合形成中间产物

#### 1. 诱导契合作用使酶与底物密切结合

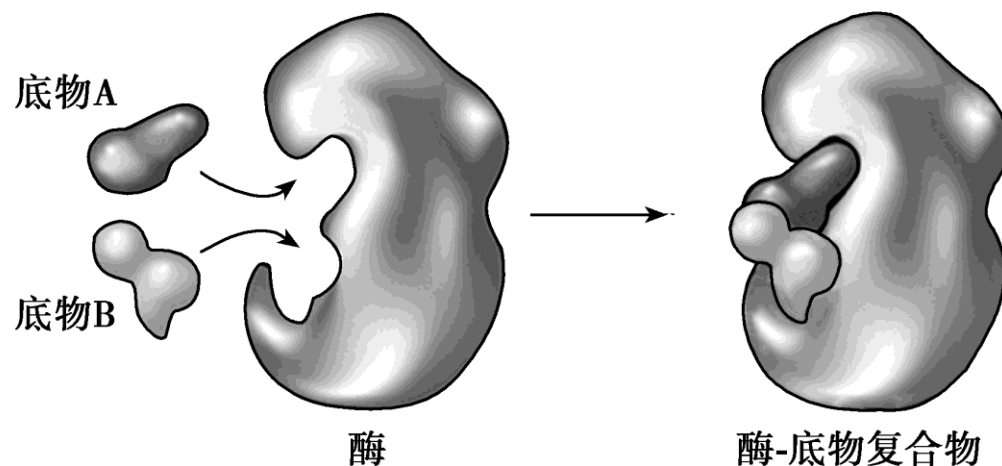


酶与底物结合的诱导契合作用

酶构象的变化有利于其与底物结合，并使底物转变为**不稳定的过渡态**，易受酶的催化攻击而转化产物。

## (二) 酶与底物结合形成中间产物

### 2. 邻近效应与定向排列使诸底物正确定位于酶的活性中心



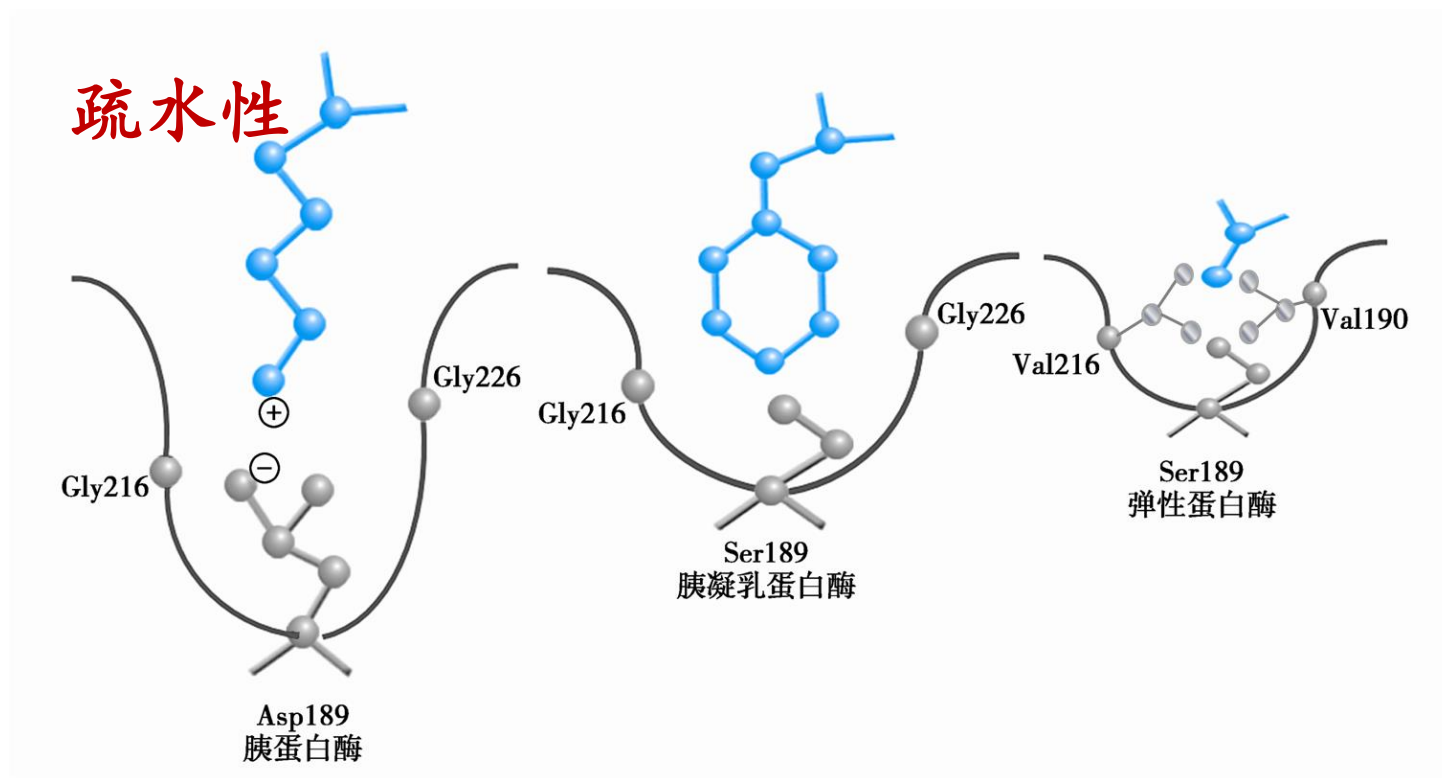
酶促反应中**不同的底物**结合到酶的活性中心，使它们相互接近，并形成有利于反应的**正确定向关系**，把分子间的反应变成了类似于分子内的反应，使反应速度大大提高。

### 酶与底物的邻近效应与定向排列



## (二) 酶与底物结合形成中间产物

### 3. 表面效应使底物分子去溶剂化



酶的活性中心，多为**疏水性的口袋**，避免水分子在酶和底物之间形成水化膜，防止对酶和底物功能基团的干扰，有利于酶和底物，在输水环境中能够密切接触。

酶与底物结合时的“口袋”状活性中心

### (三) 酶的催化机制呈现多元催化作用

#### 酸碱催化作用

酶是两性电解质，其活性中心的某些基团具有一定的酸性或碱性在水溶液中，这些酸性或碱性基团可以执行与酸碱相同的催化作用。广义的酸性或碱性基团，对许多化学反应均有较强的催化作用。

#### 共价催化作用

共价催化酶与底物形成**共价结合**的ES复合物，而将底物激活，并很容易进一步被水解形成产物和游离的酶

## 本节小结

### 酶与一般催化剂的相同点

都只能催化热力学允许的化学反应；

在化学反应前后都没有质和量的改变；

只能加速反应的进程，而不改变反应的平衡点，即不改变反应的平衡常数

### 酶具有不同于一般催化剂的显著特点：

催化效率高、高度特异性、可调节性、不稳定性

酶催化反应时，先与底物结合形成酶-底物复合物，通过诱导契合作用、邻近效应、定向排列、表面效应使底物转变成过渡态，并呈现多元催化作用（酸碱催化作用、共价催化作用等）。



# 第三节 酶促反应动力学

## Kinetics of Enzyme-catalyzed Reactions

酶促反应速率



# 酶促反应动力学

研究酶促反应速率以及各种因素对酶促反应速率影响机制的科学

酶促反应速率的影响因素：

酶浓度

底物浓度

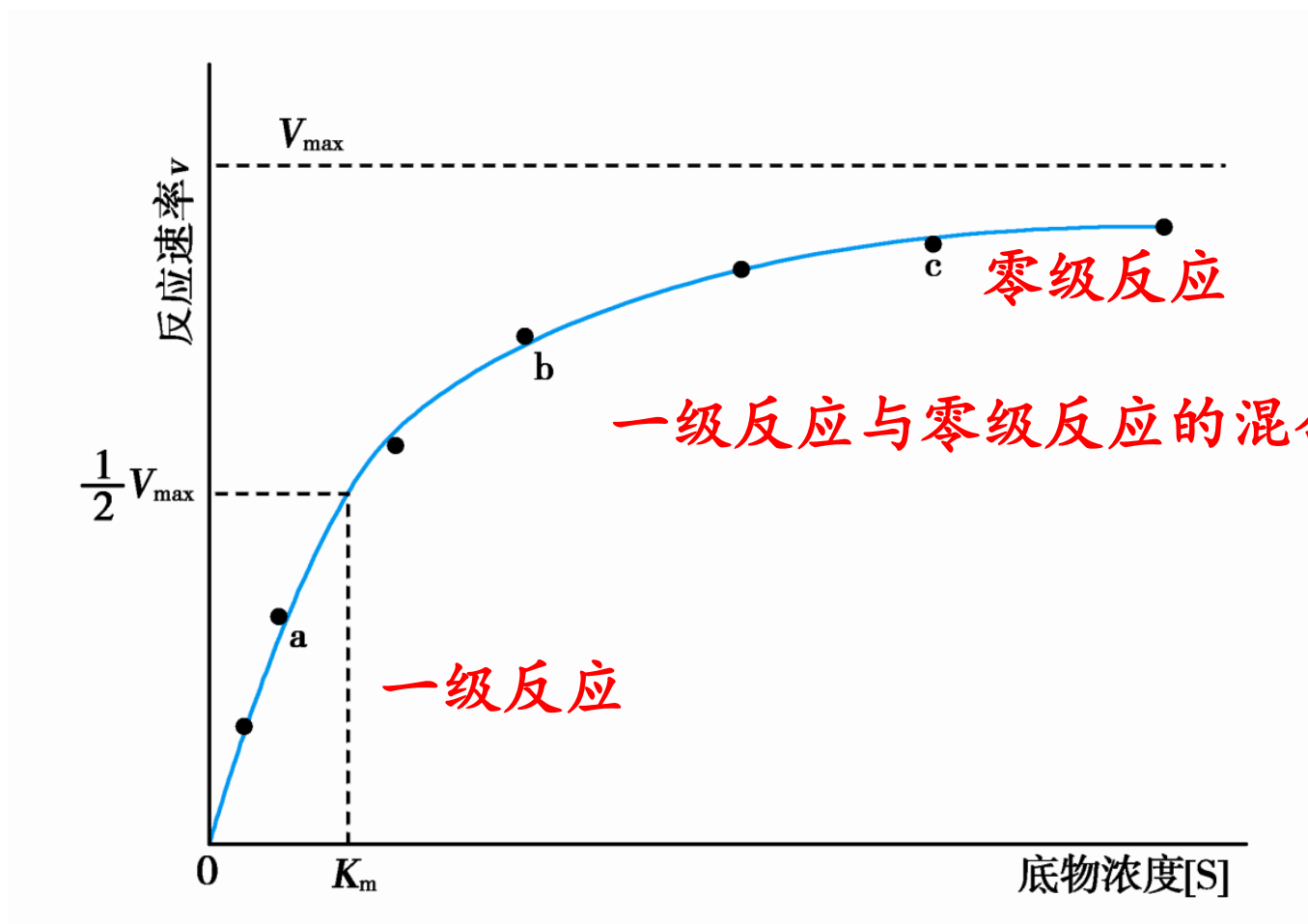
pH

温度

抑制剂

激活剂

# 一、底物浓度对酶促反应速率的影响呈矩形双曲线



底物浓度对酶促反应速率的影响

# 一、底物浓度对酶促反应速率的影响呈矩形双曲线

## 酶-底物中间复合物学说



$k_1$ 、 $k_2$ 、 $k_3$ 分别为各项反应的速率常数

# 一、底物浓度对酶促反应速率的影响呈矩形双曲线

## (一) 米-曼方程揭示单底物反应的动力学特性

$$v = \frac{V_{\max} [S]}{K_m + [S]}$$

$v$ : 反应速度

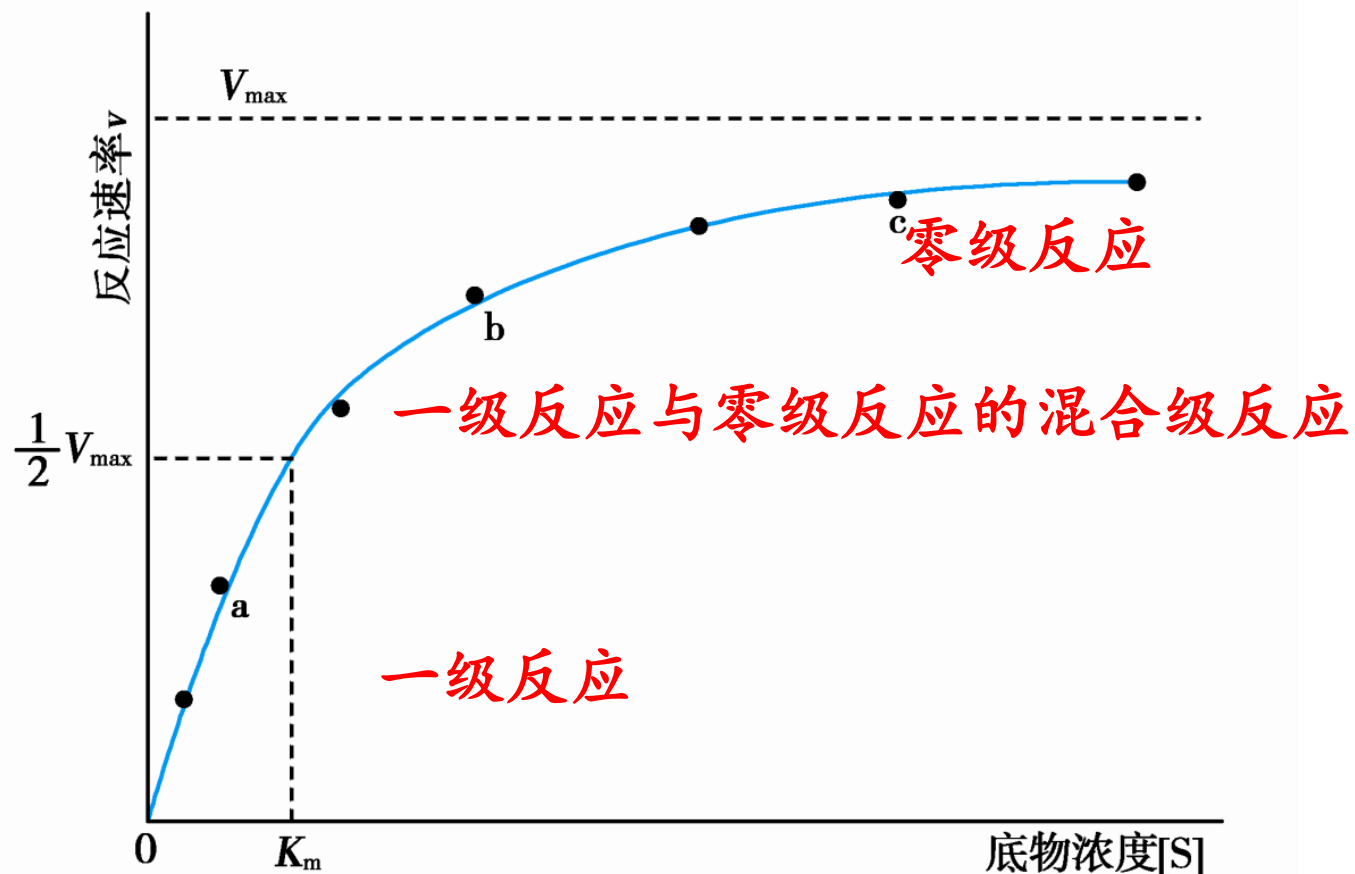
$V_{\max}$ : 最大反应速度

$K_m$ : 米氏常数

$[S]$ : 底物浓度



# 一、底物浓度对酶促反应速率的影响呈矩形双曲线



底物浓度对酶促反应速率的影响

$$v = \frac{V_{\max} [S]}{K_m + [S]}$$

$[S] \ll K_m$  时,  $[S]$  可以忽略不计

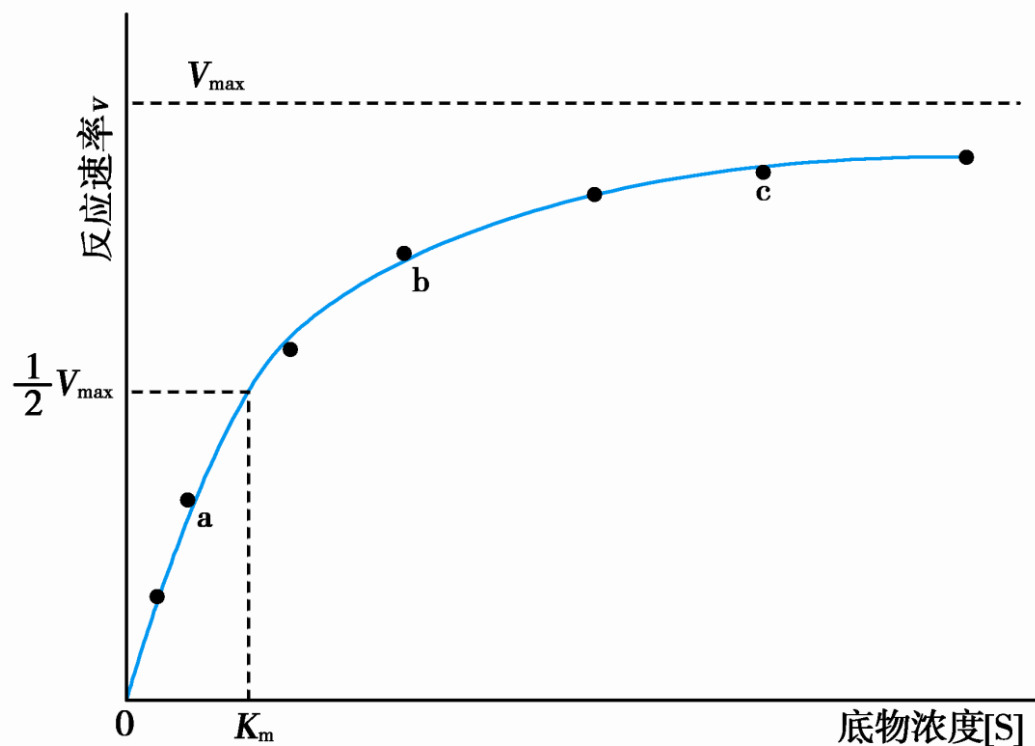
$$v \approx (V_{\max}/K_m) [S]$$

$[S] \gg K_m$  时,  $K_m$  可以忽略不计

$$v \approx V_{\max}$$

# 一、底物浓度对酶促反应速率的影响呈矩形双曲线

## (二) $K_m$ 与 $V_{\max}$ 是重要的酶促反应动力学参数



酶促反应速率为最大反应速率一半时

$$v = \frac{V_{\max} [S]}{K_m + [S]} \quad K_m + [S] = 2[S] \quad K_m = [S]$$

$K_m$  值:

酶促反应速率为最大反应速率一半时的底物浓度

底物浓度对酶促反应速率的影响

## (二) $K_m$ 与 $V_{\max}$ 是重要的酶促反应动力学参数

### 某些酶对其底物的 $K_m$

酶	底物	$K_m$ (mol/L)
己糖激酶 (脑)	ATP	$4 \times 10^{-4}$
	D-葡萄糖	$5 \times 10^{-5}$
	D-果糖	$1.5 \times 10^{-3}$
碳酸酐酶	$\text{HCO}_3^-$	$2.6 \times 10^{-2}$
胰凝乳蛋白酶	甘氨酸酪氨酰甘氨酸	$1.08 \times 10^{-1}$
	N-苯甲酰酪氨酰胺	$2.5 \times 10^{-3}$
$\beta$ -半乳糖苷酶	D-乳糖	$4.0 \times 10^{-3}$
过氧化氢酶	$\text{H}_2\text{O}_2$	$2.5 \times 10^{-2}$
溶菌酶	己-N-乙酰氨基葡萄糖	$6.0 \times 10^{-3}$

$K_m$ 是酶的特征性常数

酶的结构

底物结构

反应环境pH、温度和离

子强度

与酶浓度无关

$K_m$ 是酶的特征性常数

$$v = \frac{V_{\max} [S]}{K_m + [S]}$$

酶对特定底物的 $K_m$ 值是恒定的。对同一底物不同的同工酶有不同的 $K_m$ 值。

$K_m$ 可用于酶的鉴定。

$K_m$ 可以反映酶与底物的亲和力。

$K_m$ 可用来计算预使反应速度达到某一特定反应速度时的合理的底物浓度。

反映激活剂与抑制剂的存在

## (二) $K_m$ 与 $V_{\max}$ 是重要的酶促反应动力学参数

$V_{\max}$  是酶被底物完全饱和时的反应速率

$$v = \frac{V_{\max} [S]}{K_m + [S]}$$

### 酶的转换数

当酶被底物完全饱和时 ( $V_{\max}$ )，单位时间内每个酶分子（或活性中心）催化底物转变成产物的分子数

在酶被底物饱和的条件下测定的，受反应温度和 pH 等影响

## 米氏方程

$$v = \frac{V_{\max} [S]}{K_m + [S]}$$

$K_m$ 值:

酶促反应速率为最大反应速率一半时的底物浓度

$K_m$ 是酶的特征性常数

酶的结构、底物结构、反应环境pH、温度和离子强度有关  
与酶浓度无关

$K_m$ 值在一定条件下可表示酶对底物的亲和力

$V_{\max}$ 是酶被底物完全饱和时的反应速率

酶的转换数

当酶被底物完全饱和时 ( $V_{\max}$ )，单位时间内每个酶分子  
(或活性中心) 催化底物转变成产物的分子数

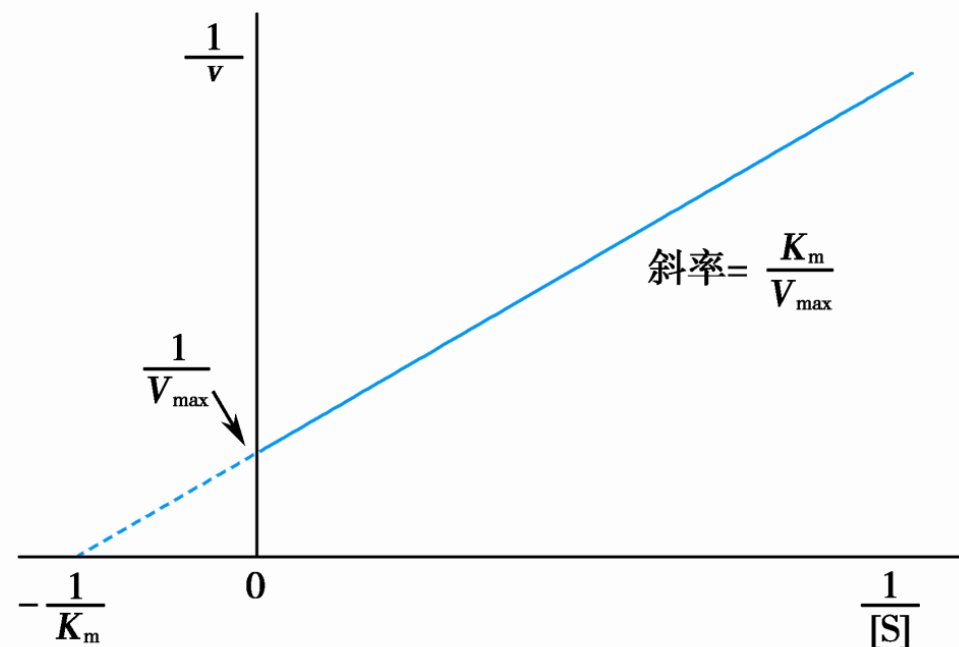
### (三) $K_m$ 与 $V_{\max}$ 常通过林-贝作图法求取

米氏方程

$$v = \frac{V_{\max} [S]}{K_m + [S]}$$

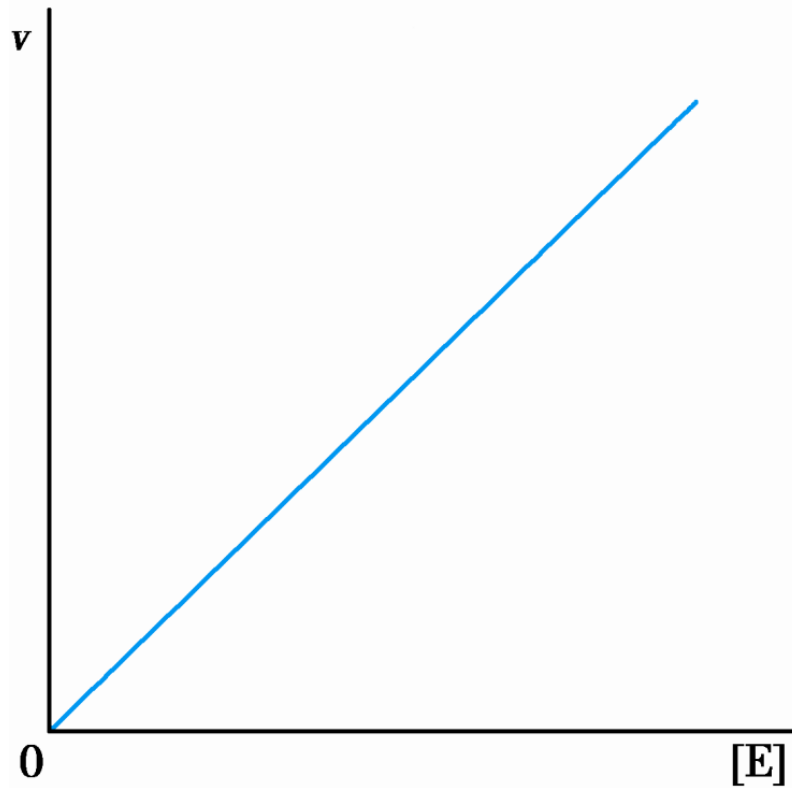
林-贝方程

$$\frac{1}{v} = \frac{K_m}{V_{\max}} \cdot \frac{1}{[S]} + \frac{1}{V_{\max}}$$



林-贝方程作图  
(双倒数作图法)

## 二、底物饱和时酶浓度对酶促反应速率的影响呈直线关系



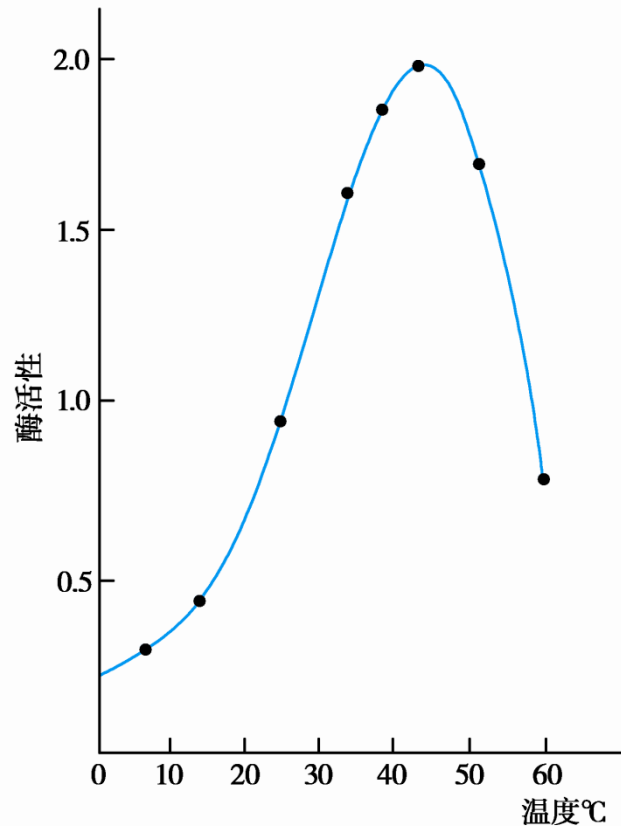
当[S]远远大于[E]时，反应中[S]浓度的变化量可以忽略不计。

此时，随着酶浓度的增加，酶促反应速率增大，两者呈现正比关系

酶浓度对酶促反应速率的影响



### 三、温度对酶促反应速率的影响具有双重性

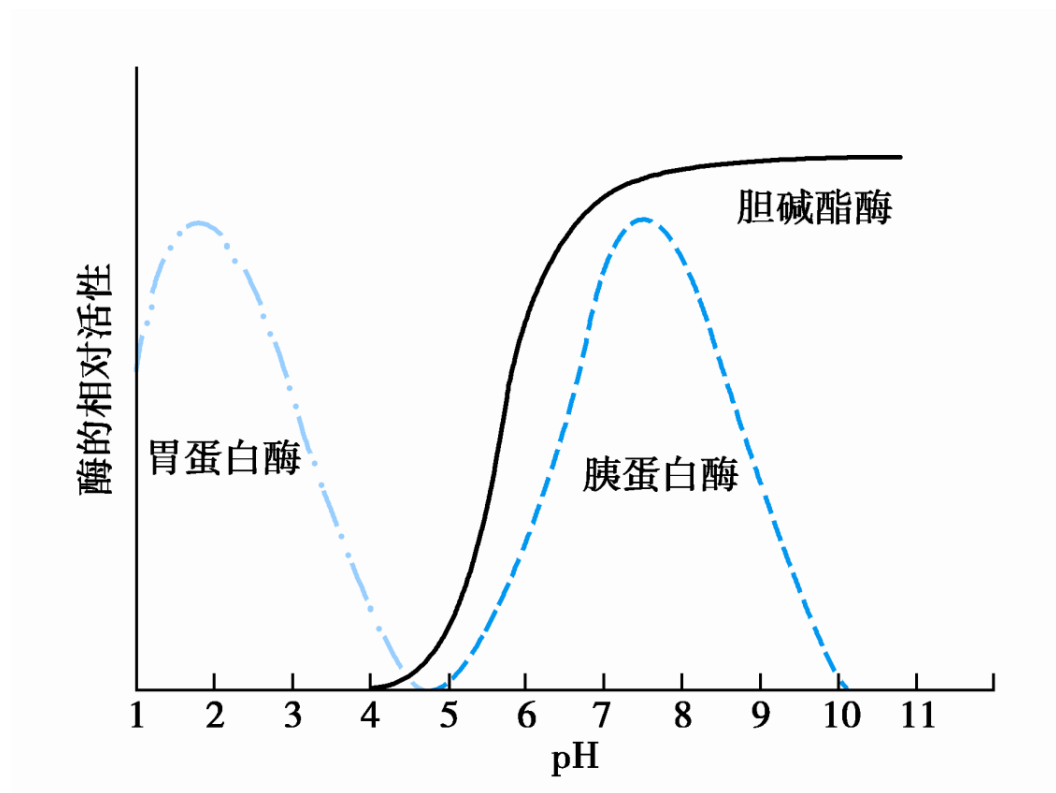


**酶的最适温度：**酶促反应速率达最大时的反应系统的温度

酶的最适温度不是酶的特征常数  
与反应时间有关

温度对酶促反应速率的影响

## 四、pH通过改变酶分子及底物分子的解离状态影响酶促反应速率



酶的最适pH:

酶催化活性最高时反应体系的pH

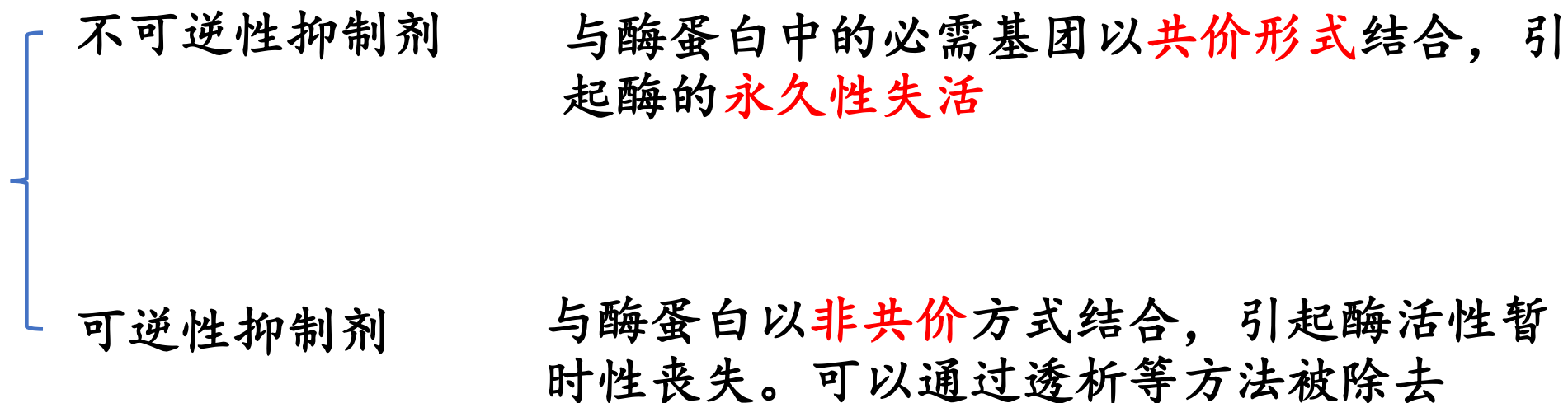
不是酶的特征常数

与底物浓度、缓冲液种类与浓度及酶纯度等因素有关

pH对酶促反应速率的影响

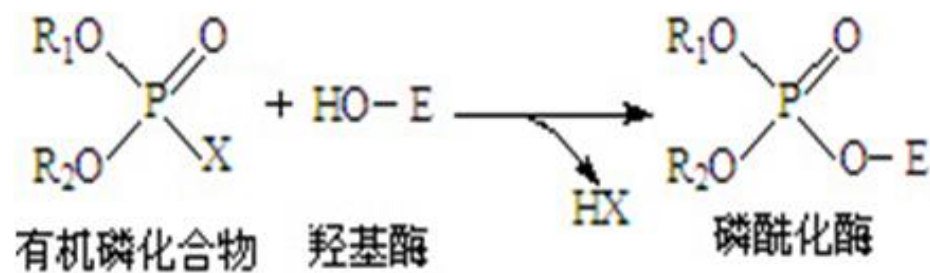
## 五、抑制剂可降低酶促反应速率

**酶的抑制剂**：凡能使酶活性下降而又不引起酶蛋白变性的物质。

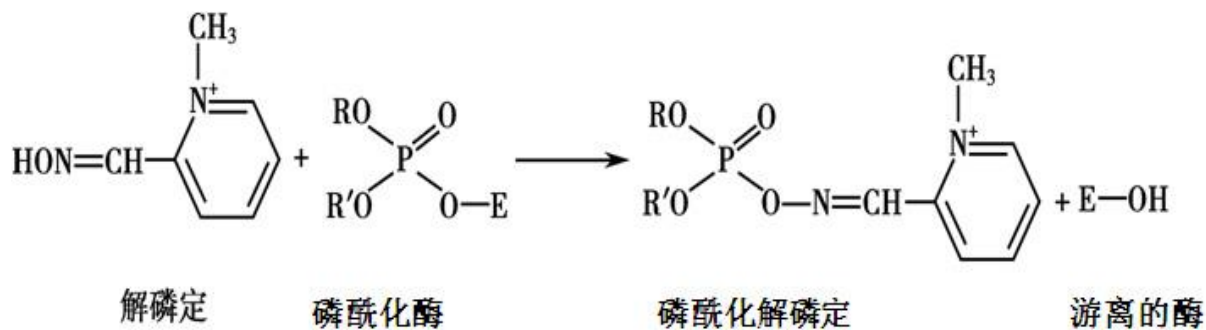


## 五、抑制剂可降低酶促反应速率

### (一) 不可逆性抑制剂与酶共价结合



有机磷化合物抑制羟基酶



解磷定解救有机磷农药中毒

## 五、抑制剂可降低酶促反应速率

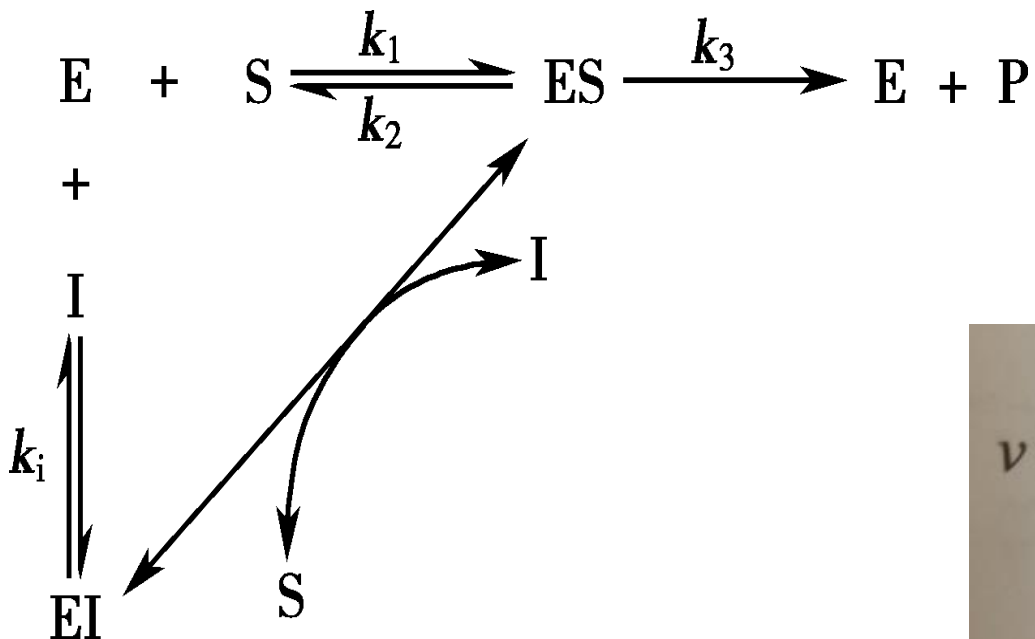
### (二) 可逆性抑制剂与酶非共价结合

1. 竞争性抑制剂
2. 非竞争性抑制剂
3. 反竞争性抑制剂

## 五、抑制剂可降低酶促反应速率

### (二) 可逆性抑制剂与酶非共价结合

#### 1. 竞争性抑制剂与底物竞争结合酶的活性中心



竞争性抑制作用：

酶的活性中心抑制剂和酶的底物在结构上相似，可与底物竞争结合酶的活性中心，从而阻碍酶与底物形成中间产物，这种抑制作用为竞争性抑制作用。

$$v = \frac{V_{\max} [S]}{K_m \left( 1 + \frac{[I]}{k_i} \right) + [S]}$$

## 五、抑制剂可降低酶促反应速率

### (二) 可逆性抑制剂与酶非共价结合

#### 1. 竞争性抑制剂与底物竞争结合酶的活性中心

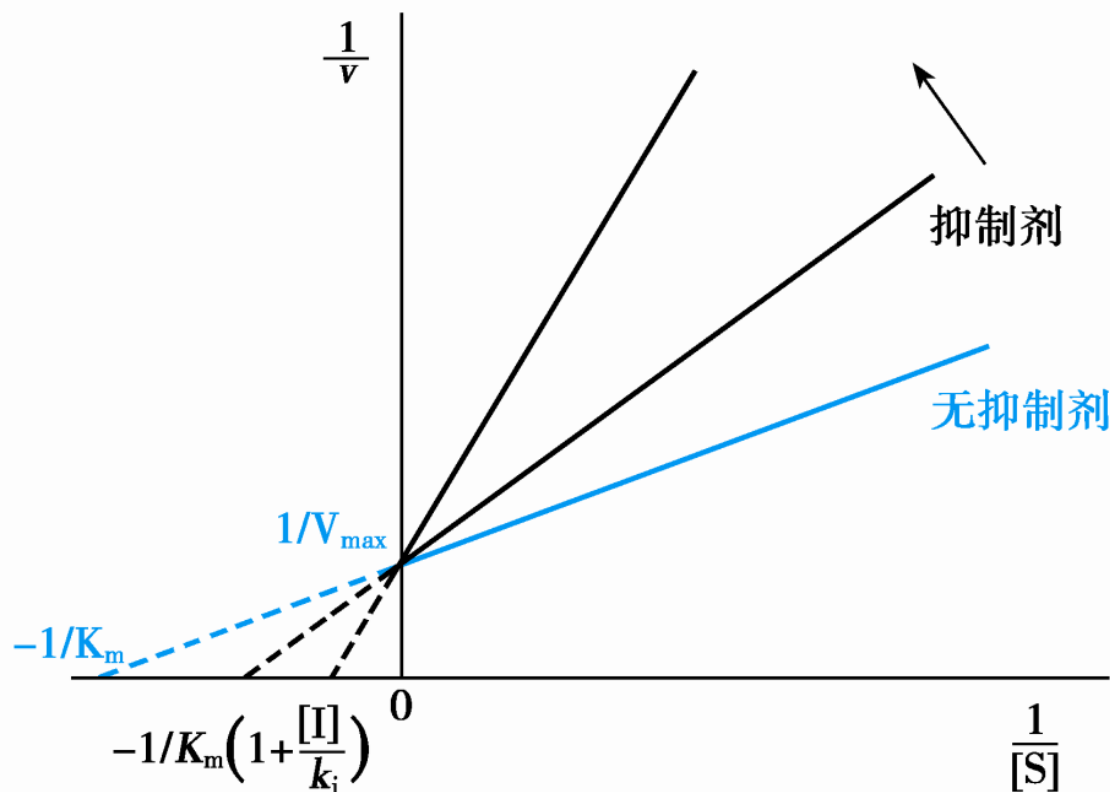
$$v = \frac{V_{\max} [S]}{K_m \left( 1 + \frac{[I]}{k_i} \right) + [S]}$$

竞争性抑制剂双倒数方程

$$\frac{1}{v} = \frac{K_m}{V_{\max}} \left( 1 + \frac{[I]}{k_i} \right) \frac{1}{[S]} + \frac{1}{V_{\max}}$$

竞争性抑制剂抑制特点：

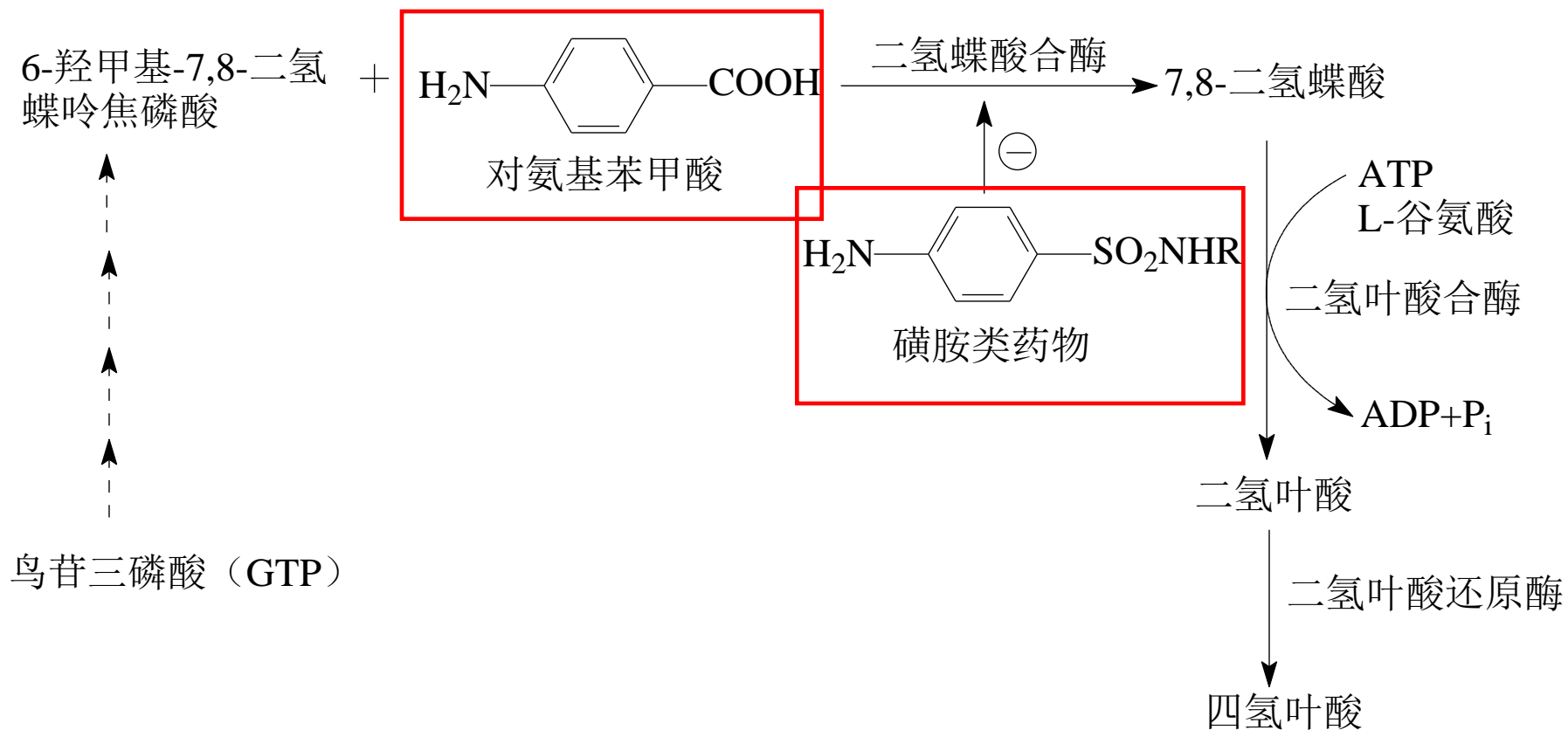
表观 $K_m$ 增大， $V_{\max}$ 不变



竞争性抑制作用双倒数作图

## (二) 可逆性抑制剂与酶非共价结合

### 1. 竞争性抑制剂与底物竞争结合酶的活性中心



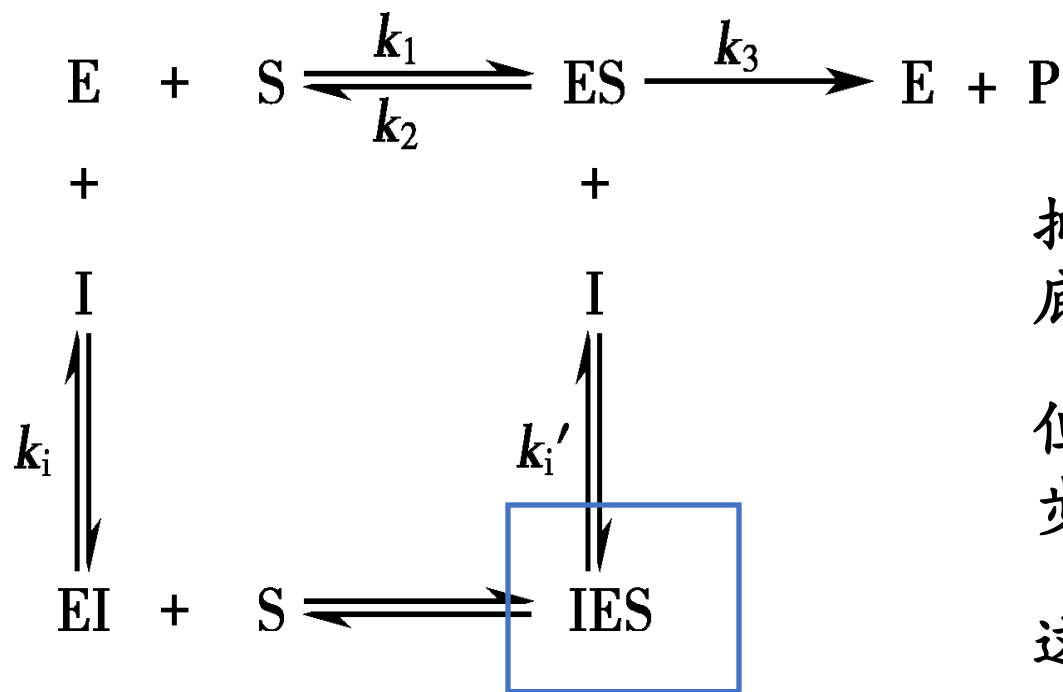
磺胺类药物的抑菌作用机制



## 五、抑制剂可降低酶促反应速率

### (二) 可逆性抑制剂与酶非共价结合

#### 2. 非竞争性抑制剂结合活性中心之外的调节位点



$$v = \frac{V_{\max} [S]}{(K_m + [S]) \left( 1 + \frac{[I]}{k_i} \right)}$$

抑制剂与酶活性中心外的结合位点相结合，底物和抑制剂之间无竞争关系。

但抑制剂-酶-底物复合物 (IES) 不能进一步释放出产物。

这种抑制作用称为非竞争性抑制作用

## (二) 可逆性抑制剂与酶非共价结合

### 2. 非竞争性抑制剂结合活性中心之外的调节位点

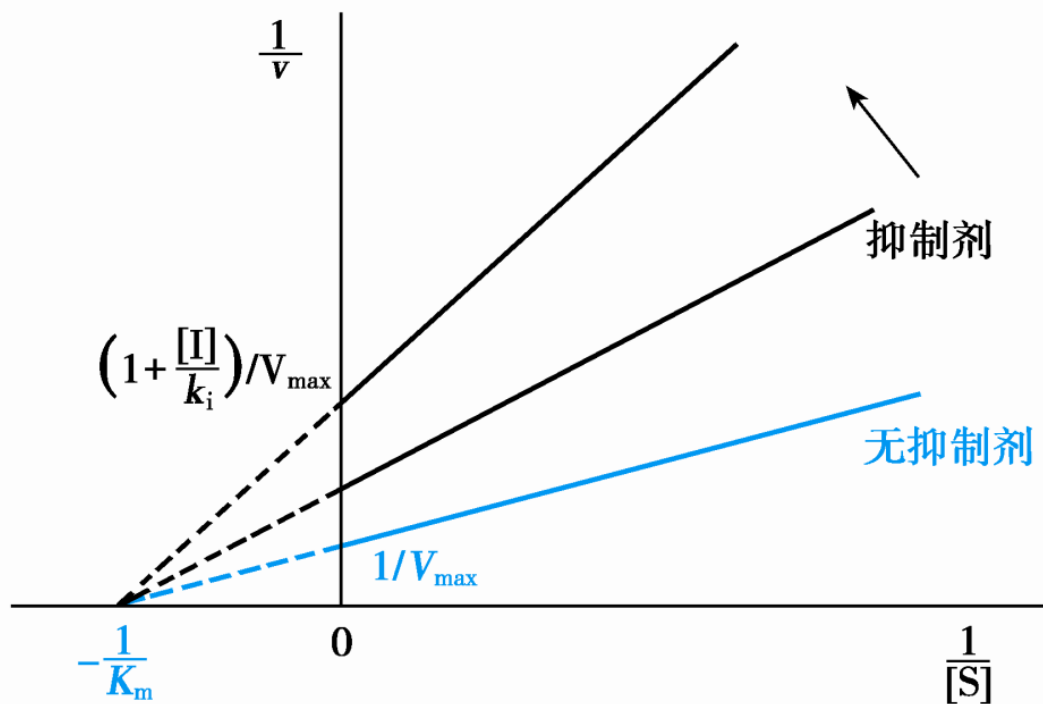
$$v = \frac{V_{\max} [S]}{(K_m + [S]) \left(1 + \frac{[I]}{k_i}\right)}$$

非竞争性抑制剂双倒数方程

$$\frac{1}{v} = \frac{K_m}{V_{\max}} \left(1 + \frac{[I]}{k_i}\right) \frac{1}{[S]} + \frac{1}{V_{\max}} \left(1 + \frac{[I]}{k_i}\right)$$

竞争性抑制剂抑制特点：

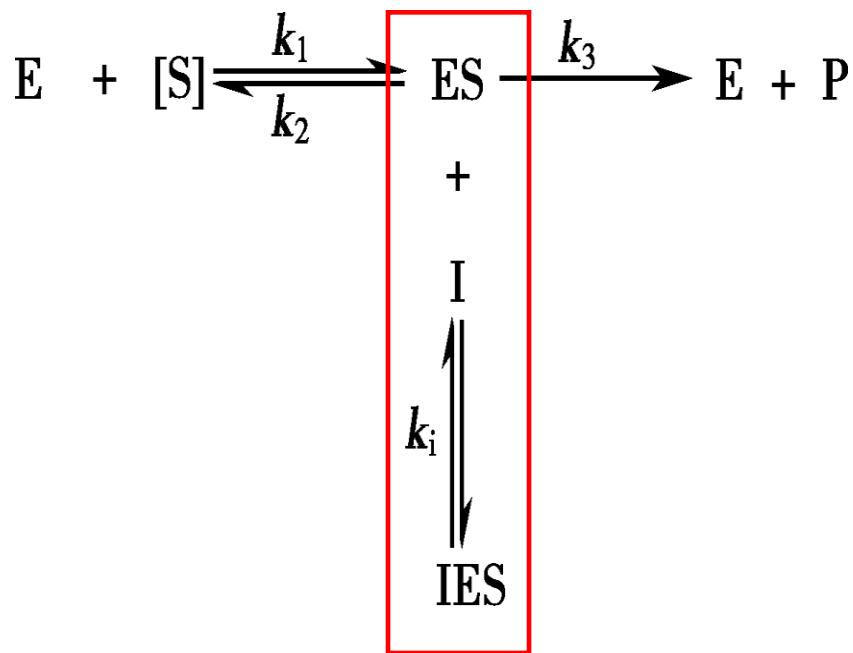
表观 $K_m$ 不变， $V_{\max}$ 下降



非竞争性抑制作用双倒数作图

## (二) 可逆性抑制剂与酶非共价结合

### 3. 反竞争性抑制剂的结合位点由底物诱导产生



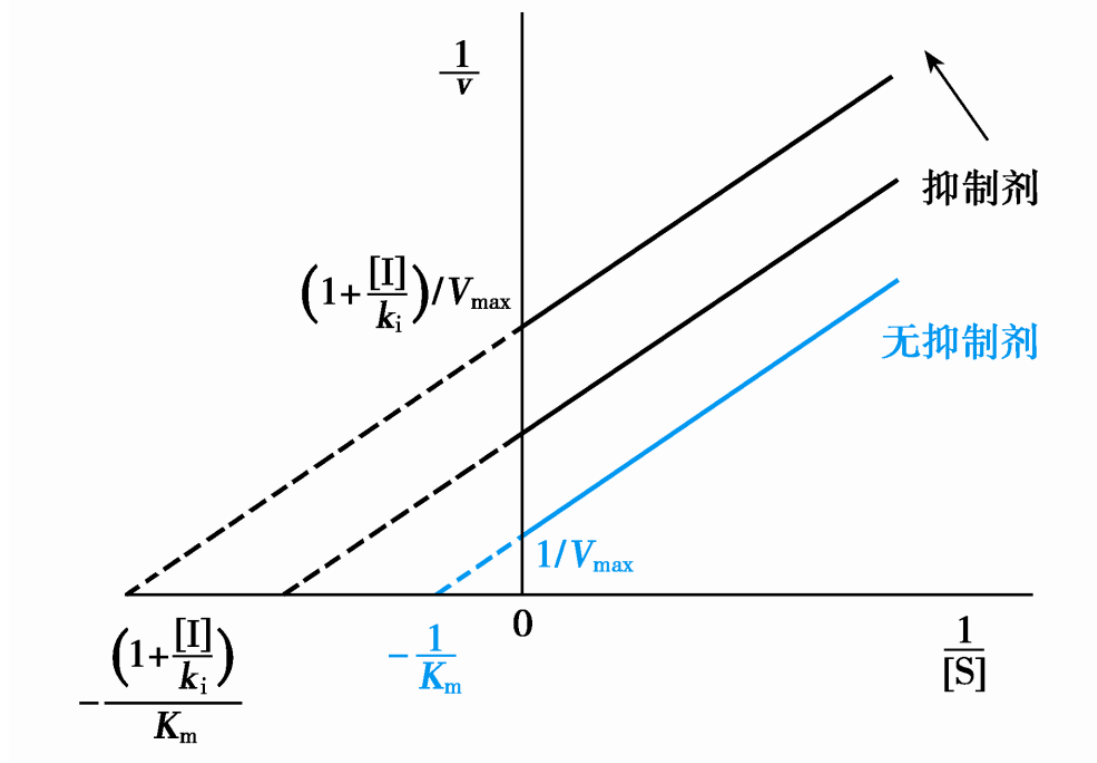
与非竞争性抑制剂一样，此类抑制剂也是与酶活性中心外的调节位点结合。

抑制剂仅与酶-底物复合物结合，使中间产物ES的量下降。

这种抑制作用称为反竞争性抑制作用。

$$v = \frac{V_{\max} [\text{S}]}{K_m + \left( 1 + \frac{[\text{I}]}{k_i} \right) [\text{S}]}$$

### 3. 反竞争性抑制剂的结合位点由底物诱导产生



反竞争性抑制作用双倒数作图

$$v = \frac{V_{\max} [S]}{K_m + \left(1 + \frac{[I]}{K_i}\right) [S]}$$

反竞争性抑制剂双倒数方程

$$\frac{1}{v} = \frac{K_m}{V_{\max}} \cdot \frac{1}{[S]} + \frac{1}{V_{\max}} \left(1 + \frac{[I]}{K_i}\right)$$

反竞争性抑制剂抑制特点：

表观 $K_m$ 减小， $V_{\max}$ 下降

## 六、激活剂可提高酶促反应速率

**酶的激活剂：**使酶由无活性变为有活性或使酶活性增加的物质

必需激活剂：为酶的活性所必需

非必需激活剂：不是酶的活性所必需

## 本节小结

酶促反应速率受底物浓度、酶浓度、温度、pH、抑制剂和激活剂等影响

米氏方程揭示了单底物反应的动力学特性

米氏方程的双倒数作图常用来准确求取 $K_m$ 和 $V_{max}$ 。

$K_m$ 值等于反应速率为最大反应速率一半时的底物浓度，在一定条件下可反映酶与底物的亲和力大小。

三种可逆性抑制剂作用的特点：

竞争性抑制剂存在时，表观 $K_m$ 增大， $V_{max}$ 不变；

非竞争性抑制剂存在时， $K_m$ 不变， $V_{max}$ 下降；

反竞争性抑制剂存在时，表观 $K_m$ 和 $V_{max}$ 均降低。



# 第四节 酶的调节

## Regulation of Enzymes



### (一) 别构调节

#### 酶的别构调节 (allosteric regulation of enzymes) / 变构调节

体内一些代谢物可与某些酶的活性中心外的某个部位非共价可逆结合，引起酶的构象改变，从而改变酶的活性。

别构酶 (allosteric enzyme)      受别构调节的酶

别构效应剂 (allosteric effector)

引起别构效应的物质

别构激活剂和别构抑制剂

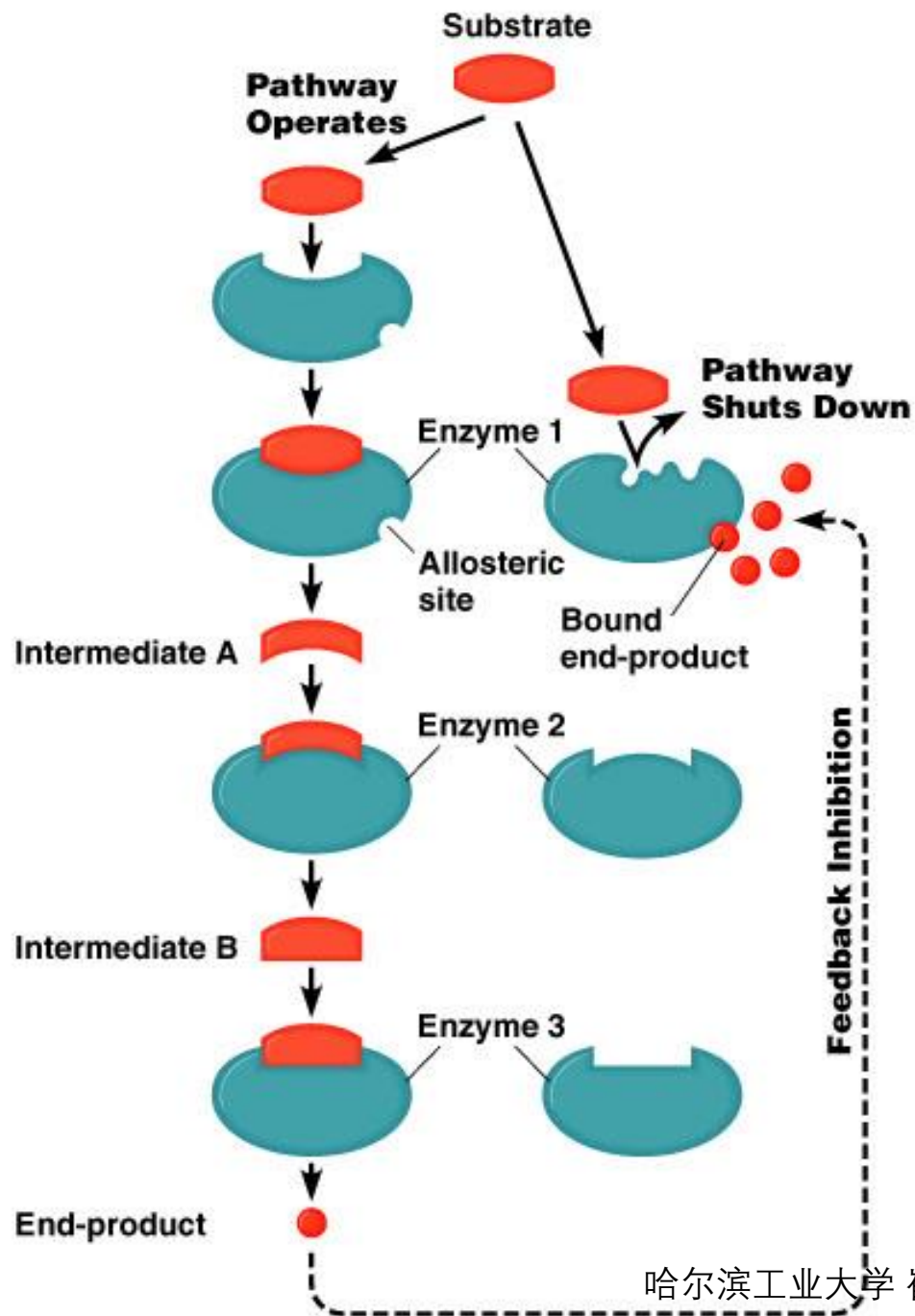


# 一、酶活调节

## (一) 别构调节

别构酶 {   
    **催化部位** : 与底物结合   
    **调节部位 (别构部位)** : 与别构剂结合

当酶与**别构剂**结合后，酶蛋白的**构象**发生变化，引起催化中心改变，从而引起酶活性的变化。



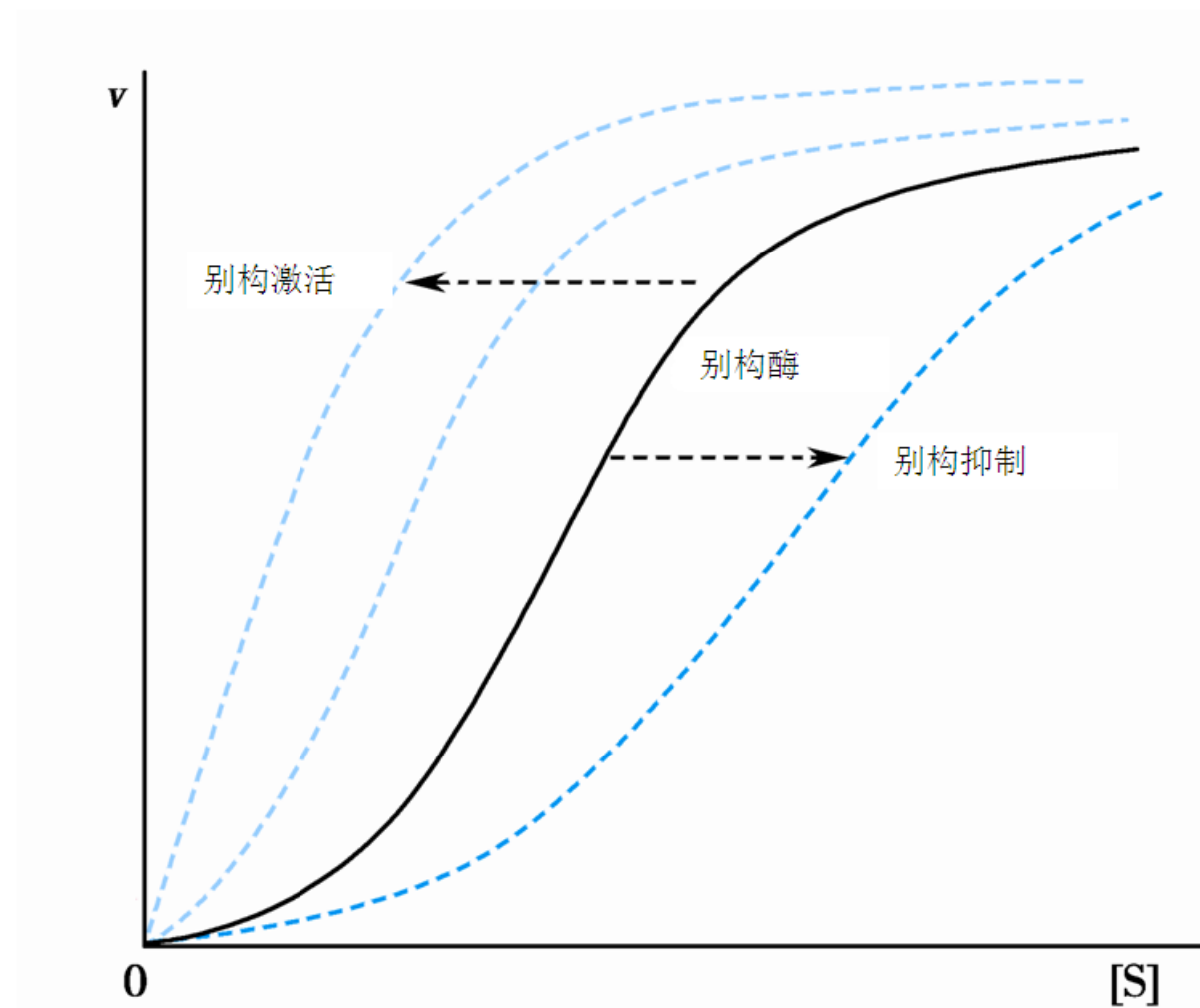
由别构调节  
引起的反馈抑制

催化部位

别构部位

# 一、酶活性调节

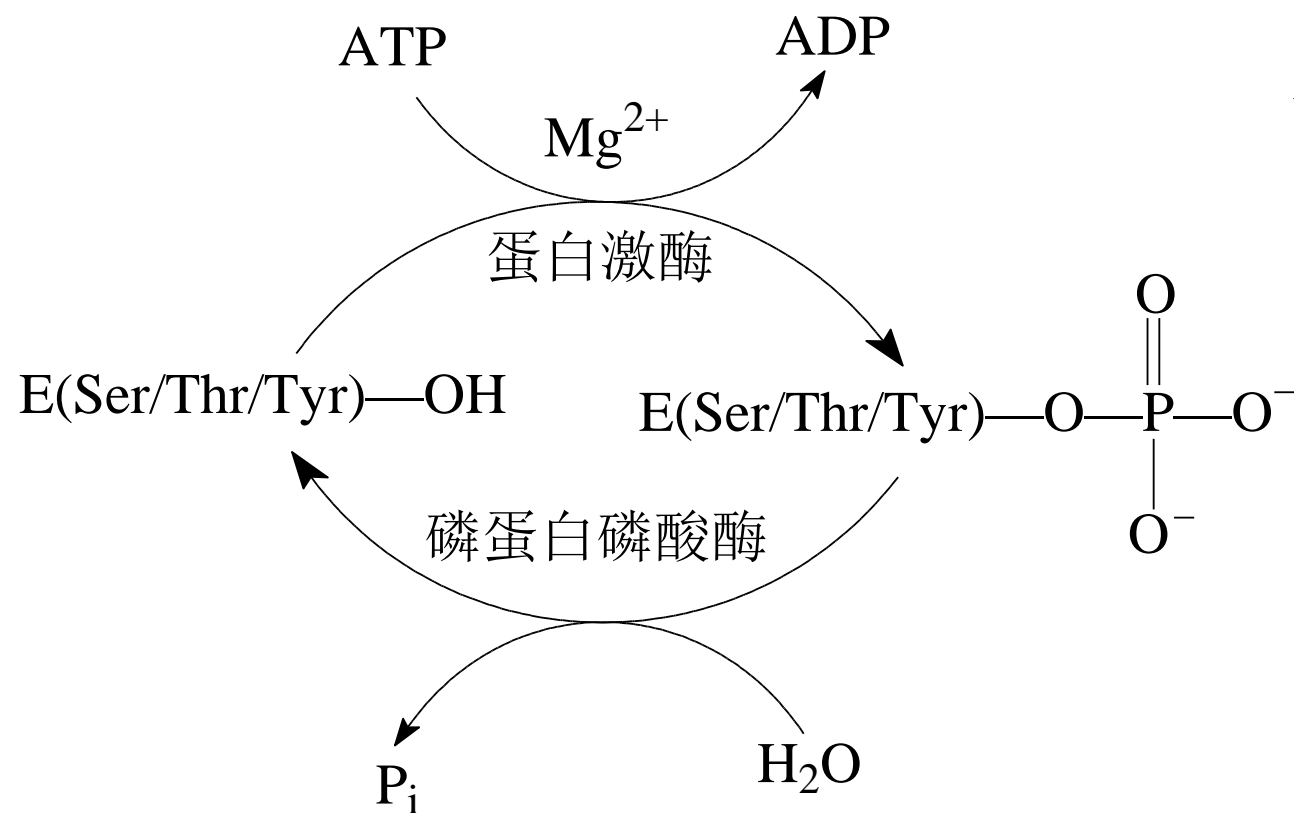
## (一) 别构调节



别构酶的正协同效应速率-底物浓度作图

# 一、酶活调节

(二) **酶的化学修饰调节**是通过某些化学基团与酶的共价可逆结合来实现



最常见的形式是磷酸化和去磷酸化

酶的磷酸化和去磷酸化

# 一、酶活调节

## (三) 酶原需要通过激活过程才能转变为有活性的酶

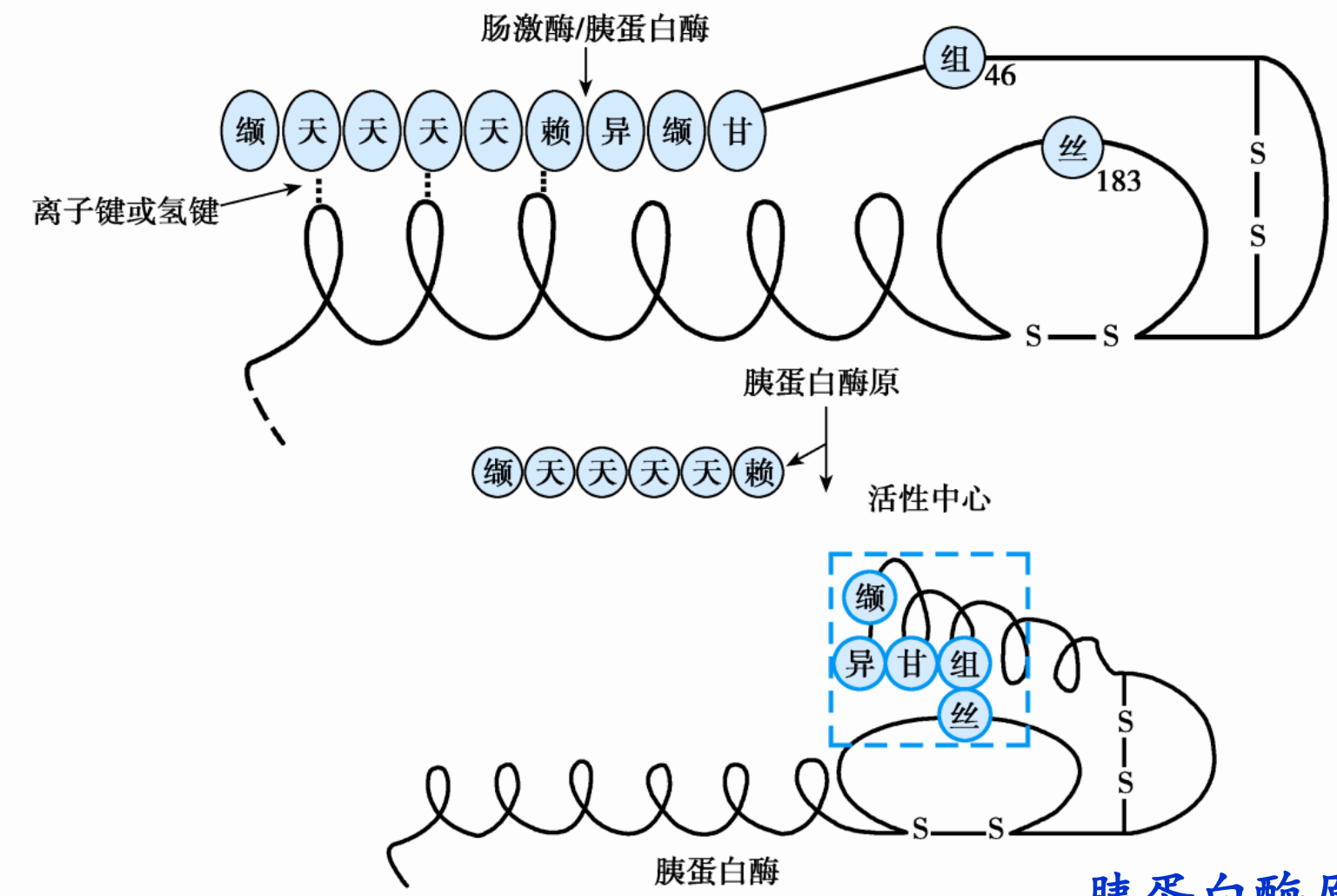
酶原：无活性的酶的前体

酶原激活：酶原转变为有活性的酶

激活的本质：使酶活性中心形成或暴露

# 一、酶活调节

## (三) 酶原需要通过激活过程才能转变为有活性的酶



酶原存在的意义：  
保护机体

胰蛋白酶原的激活

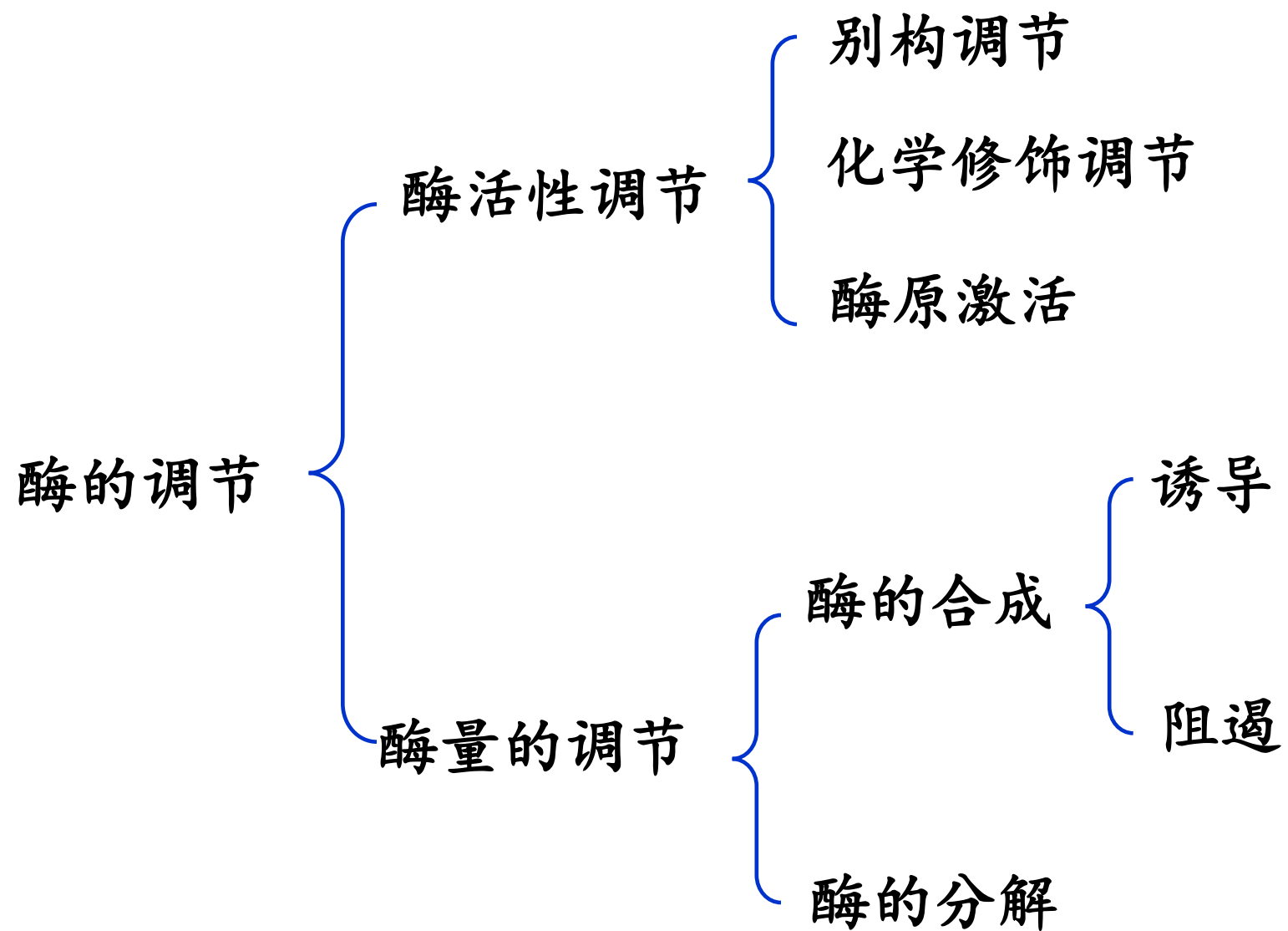
## 二、酶量调节

酶量调节是对酶促反应速率的缓慢调节

通过改变酶蛋白合成与分解的速率来调节酶的含量

(一) 酶蛋白合成可被诱导或阻遏

(二) 酶的降解与一般蛋白质降解途径相同







## 第五节 酶的分类与命名

## Classification and Nomenclature of Enzymes

---



# 一、按催化反应类型分类

氧化还原酶类 催化氧化还原反应的酶

转移酶类 催化底物之间基团转移或交换的酶

水解酶类 催化底物发生水解反应的酶

裂合酶类 催化从底物移去一个基团并形成双键的反应或其逆反应的酶

异构酶类 催化分子内部基团的位置互变，几何或光学异构体互变，以及醛酮互变的酶

连接酶类 催化两种底物形成一种产物并同时偶联有高能键水解和释能的酶

## 二、每一种酶都有其系统名称和推荐名称

### 习惯命名法（1961年以前）

根据其催化底物来命名

如：淀粉酶、蛋白酶

根据所催化反应的性质来命名

如：水解酶

结合上述两个原则来命名

如：琥珀酸脱氢酶

有时在这些命名基础上加上  
酶的来源或其它特点

如：唾液淀粉酶、  
胃蛋白酶等

## 二、每一种酶都有其系统名称和推荐名称

国际生物化学学会酶学委员会

1961年提出的一个新的系统命名及系统分类的原则

**系统名称**包括：

- 底物名称+反应性质+酶
- 若底物不止一个，则应全部列出，并用“：”隔开

S1:S2+所催化的反应性质+酶

若 $\text{H}_2\text{O}$ 为底物之一时，忽略

**推荐命名**

## 二、每一种酶都有其系统名称和推荐名称

### 系统名称

**L-乳酸：NAD<sup>+</sup>-氧化还原酶（EC.1.1.1.27）**

### 推荐名称

**乳酸脱氢酶**

# 国际系统分类法

将所有的酶促反应按反应性质分为六大类，每一大类又分为若干个亚类和亚亚类，分别用1、2、3、4、5、……编号。

每一个酶的分类编号由四个数字组成，数字间用“.”隔开，编号之前冠以EC (Enzyme Commission)。

酶的编号：EC 1.1.1.1

- 大类：酶催化反应的类型
- 亚类：被催化基团或键的性质
- 亚亚类：进一步说明催化基团或键的特点
- 序号：在此亚亚类中的排序

C: 国际酶学委员会



## 第六节 酶在医学中的应用

## Application of Enzymes in Medicine



# 一、酶与疾病的发生、诊断及治疗密切相关

## (一) 许多疾病与酶的质和量的异常相关

1. 酶的先天性缺陷是先天性疾病的重要病因之一
2. 一些疾病可引起酶活性或量的异常

## (二) 体液中酶活性的改变可作为疾病的诊断指标

## (三) 某些酶可作为药物用于疾病的治疗

1. 有些酶作为助消化的药物
2. 有些酶用于清洁伤口和抗炎
3. 有些酶具有溶解血栓的疗效



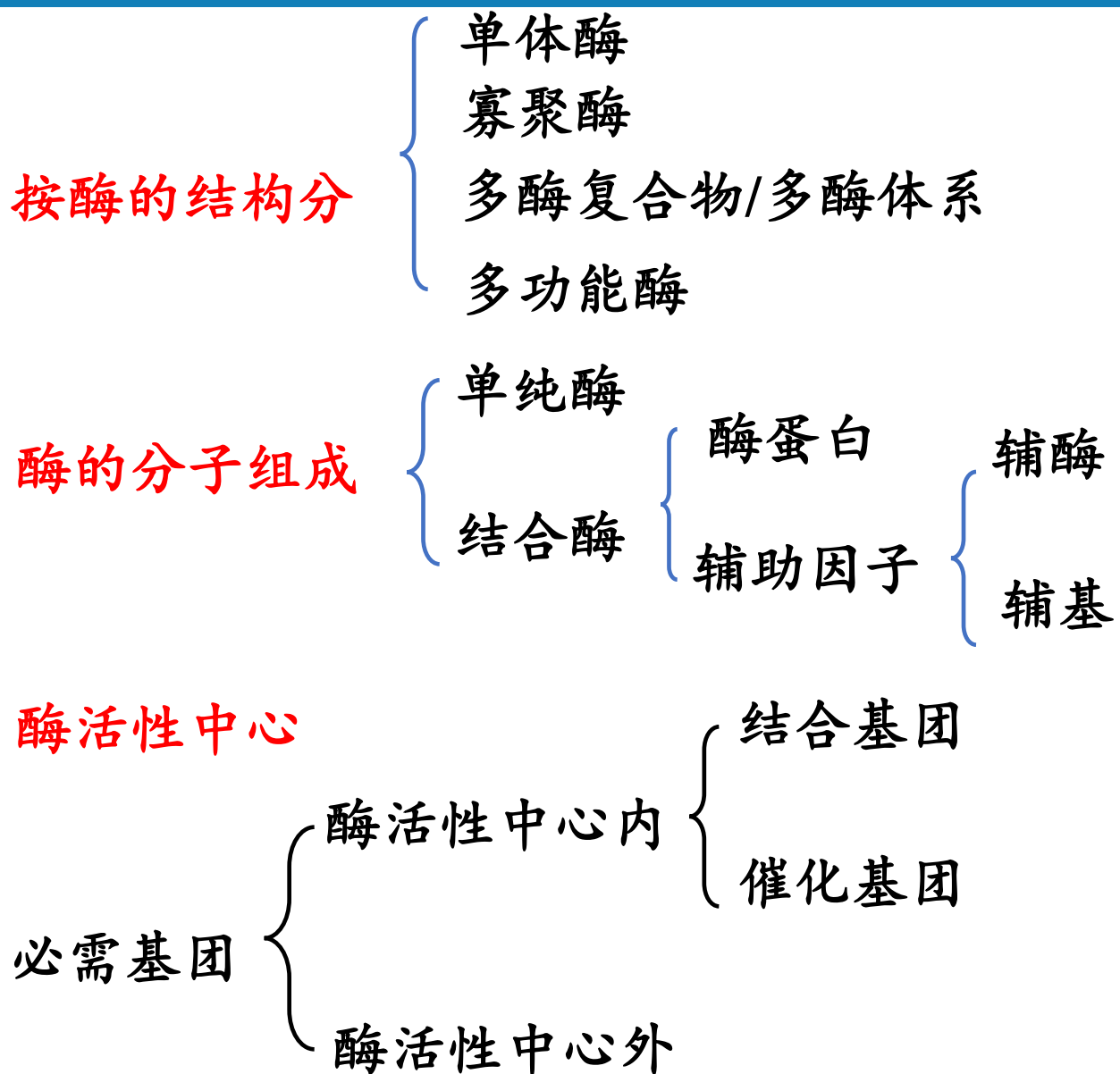
## 二、酶可作为试剂用于临床检验和科学研究

- (一) 有些酶可作为酶偶联测定法中的指示酶或辅助酶
- (二) 有些酶可作为酶标记测定法中的标记酶
- (三) 多种酶成为基因工程常用的工具酶

## 二、酶可作为试剂用于临床检验和科学研究

- (一) 有些酶可作为酶偶联测定法中的指示酶或辅助酶
- (二) 有些酶可作为酶标记测定法中的标记酶
- (三) 多种酶成为基因工程常用的工具酶

# 酶的分子结构与功能



同工酶

# 酶的工作原理

## 酶与一般催化剂的相同点

- 只能催化热力学允许的化学反应
- 化学反应前后没有质和量的改变
- 加速反应的进程，不改变反应的平衡点

## 酶的催化特点

- 极高的催化效率
- 高度的特异性
- 可调节性
- 不稳定性

## 酶的催化机制

- 诱导契合作用
- 邻近效应与定向排列
- 表面效应

