



第十一章 代谢调节

第一节 代谢途径的相互联系

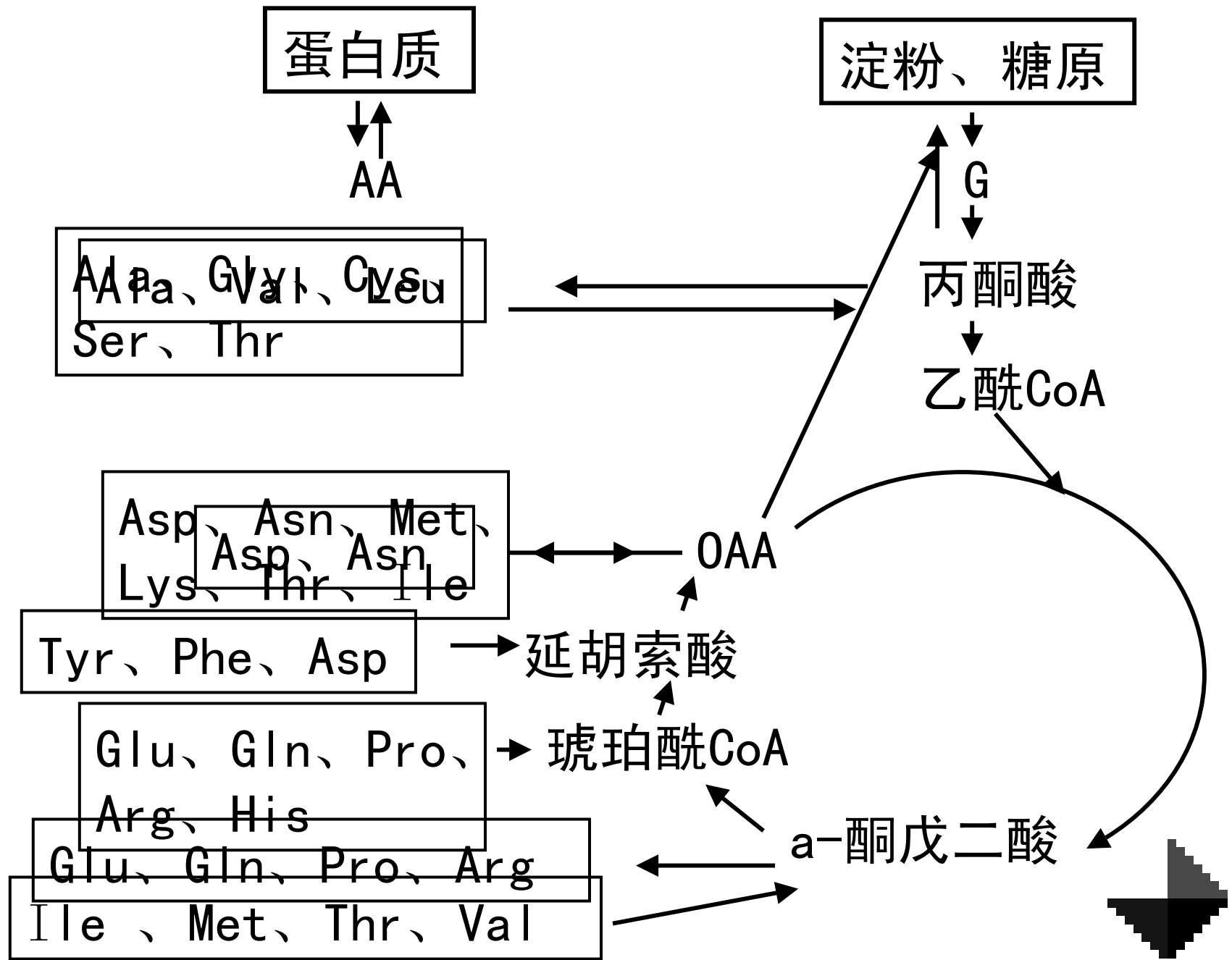
第二节 代谢调节

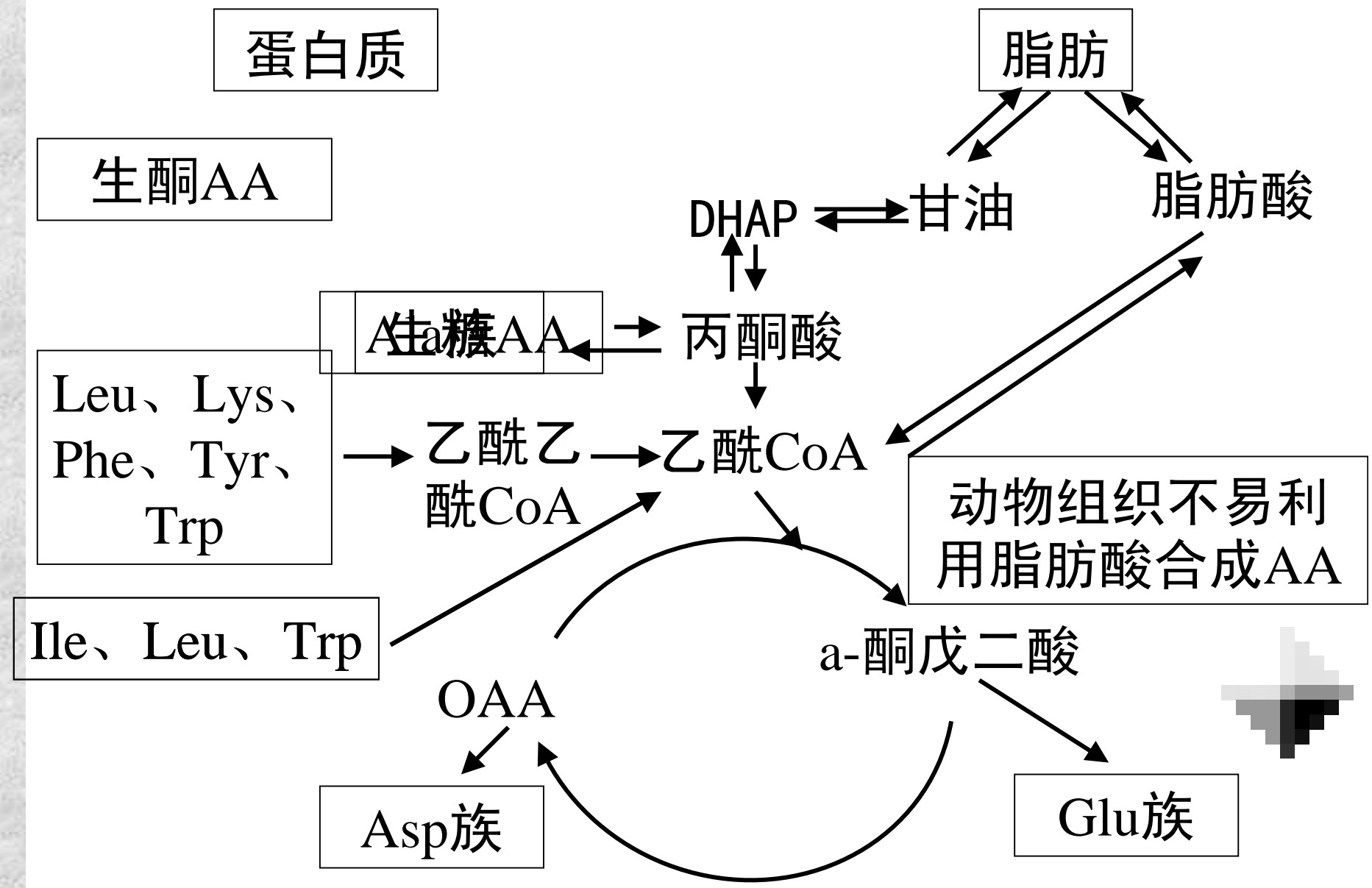
第十一章 代谢调节

第一节 代谢途径的相互联系

一、代谢网络

- (一) 生物体内糖和脂肪的相互转变
- (二) 糖代谢与蛋白质代谢的联系
- (三) 脂肪代谢与蛋白质代谢的联系
- (四) 核酸与其它物质代谢的联系







核酸通过控制Pr的合成影响细胞的组成和代谢。

核酸的合成受到其它物质的控制。如核酸的合成需E和多种Pr因子参加。Gly、Asp、Gln和磷酸戊糖合成核苷酸。

代谢网络

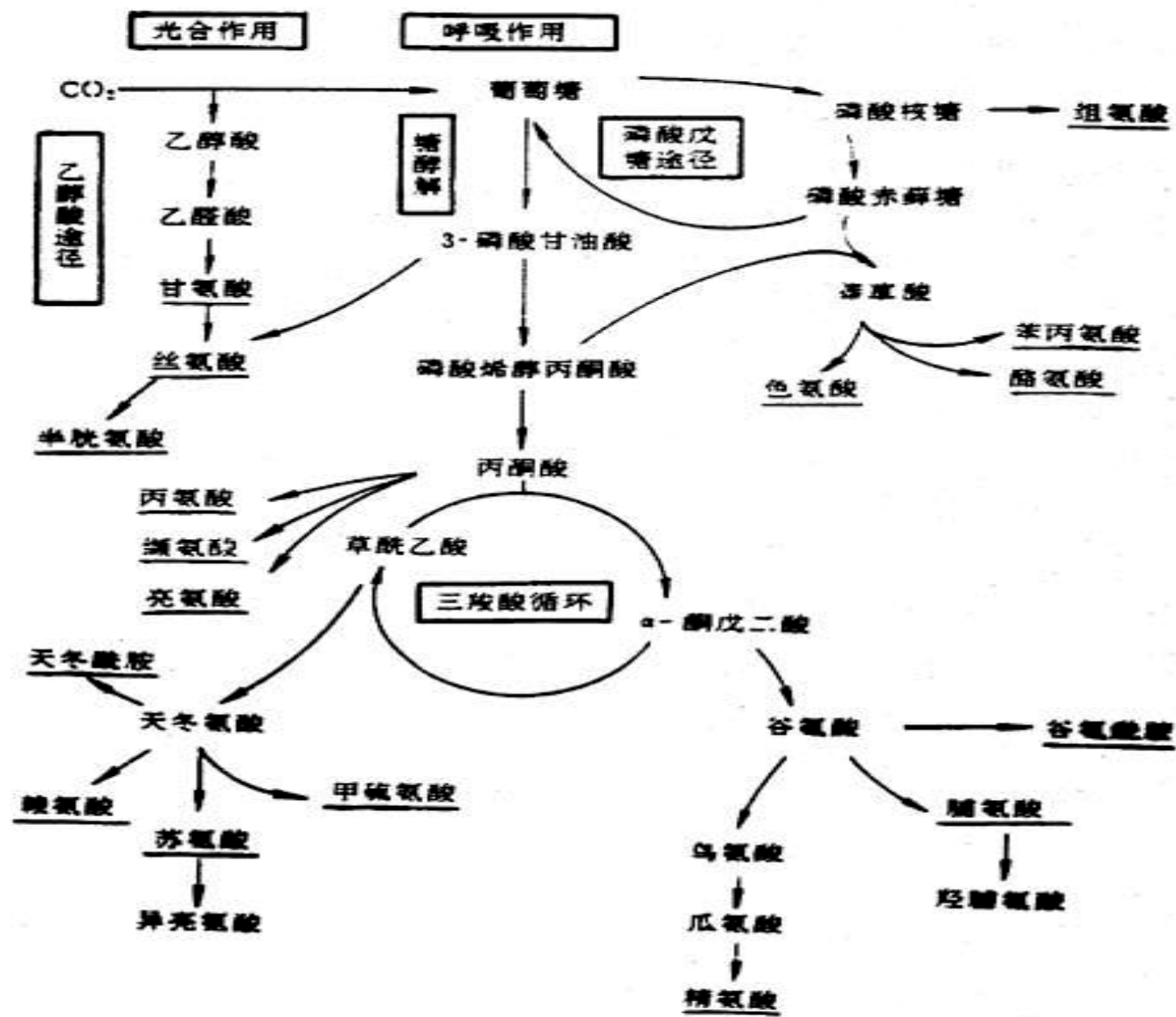
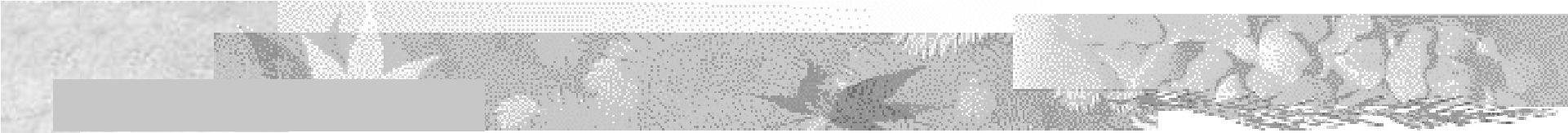
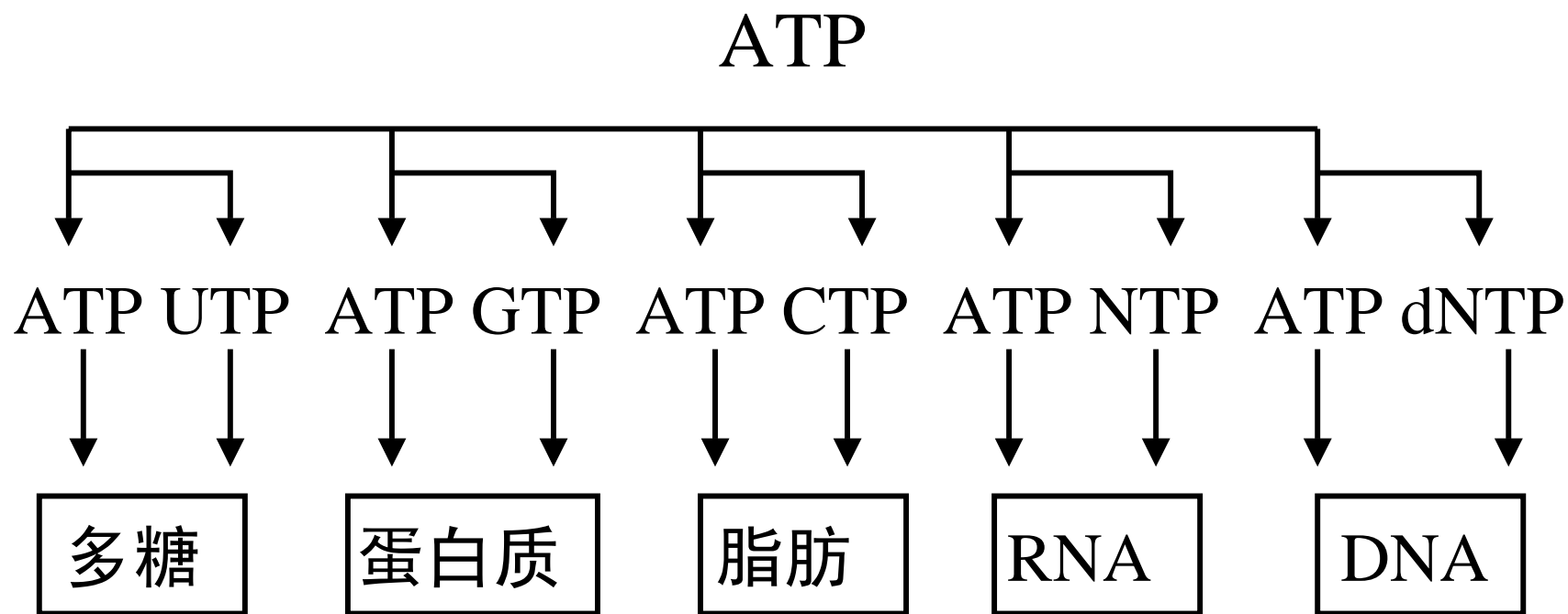


图 9-7 各种氨基酸的合成途径及其相互关系



中心代谢途径（无定向代谢途径）：
指EMP途径-TCA循环。因为该途径中
的一些代谢中间物与糖、脂肪、Pr和核
酸等物质代谢密切相关，是沟通各代谢
之间联系的重要环节。

二、能量与代谢



第二节 代谢调节

代谢调节分为四个水平：

神经水平调节

激素水平调节

细胞水平调节

酶水平调节

单细胞

生物

植

物

动

物

酶水平的调节

E定位的区域化

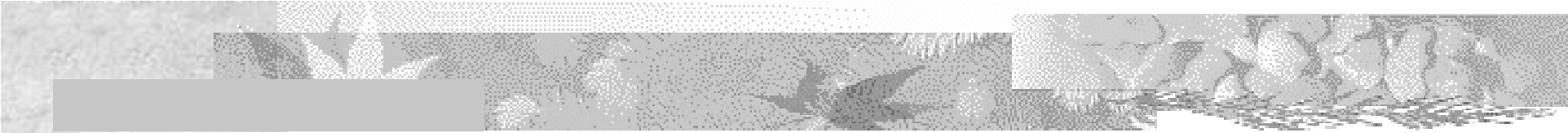
E活性的调节—微调

E含量的调节—粗调

一、E定位的区域化

细胞器	E系
细胞核	DNA复制、RNA合成
细胞质	EMP、PPP、糖原合成、糖异生、脂肪酸合成
线粒体	TCA、脂肪酸氧化、ETS、氧化磷酸化、转氨基作用

细胞器	E系
内质网	Pr合成、磷脂合成
溶酶体	水解酶类
乙醛酸体	乙醛酸循环



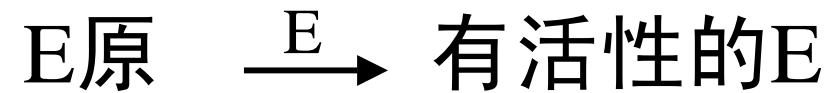
在真核细胞内同时进行着各种不同的代谢反应，相互间不发生干扰，不出现紊乱的原因：

- { E定位的区域化
- { 膜结构对代谢的调控（物质运输、能量转换、信息传递）

二、酶活性的调节——微调

E活性的调节包括：酶原激活、E的变（别）构效应、E分子的共价修饰和辅因子对E活性的调节。

(一) 酶原激活



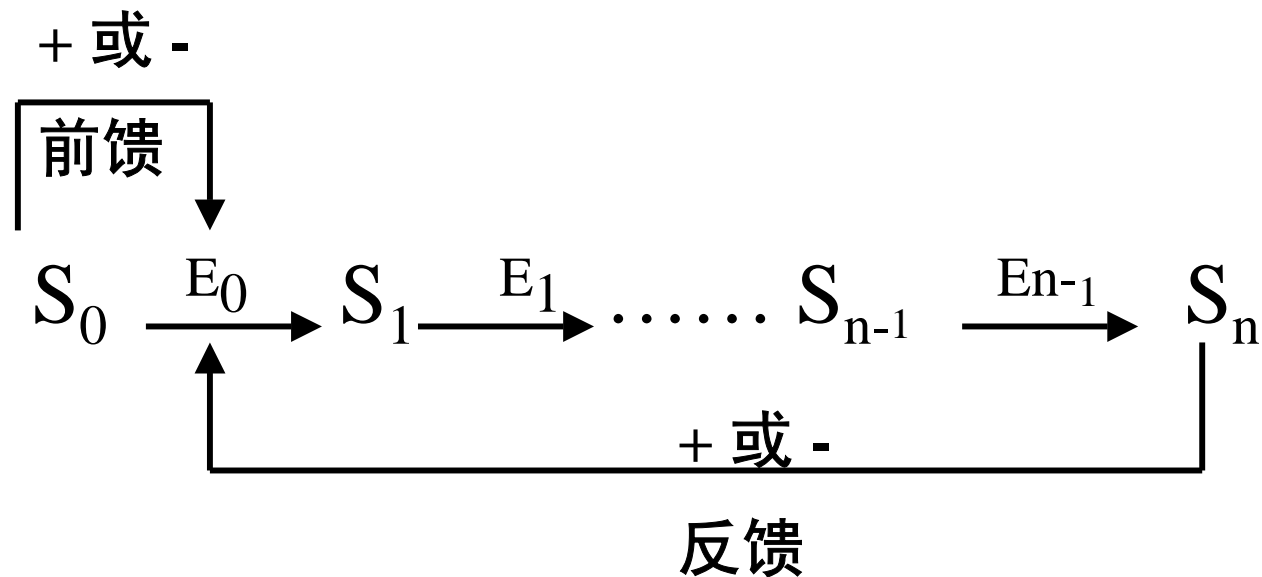
意义：避免了不需要时活性E对组织与器官的损伤；需要时E可迅速转化为活性形式，保证了代谢的及时需要。

E原激活

E原		活化			活性E
名称	合成部位	因素	部位	途径	
胃PrE原	胃粘膜	胃PrE	胃腔	从N-末端切 除42个AA	胃PrE
胰PrE原	胰	肠激E、 胰PrE	小肠腔	从N-末端切 除六肽	胰PrE
胰凝乳 PrE原	胰	胰PrE	小肠腔	内切两个 二肽	胰凝乳 PrE
羧肽E原	胰	胰PrE	小肠腔		羧肽E

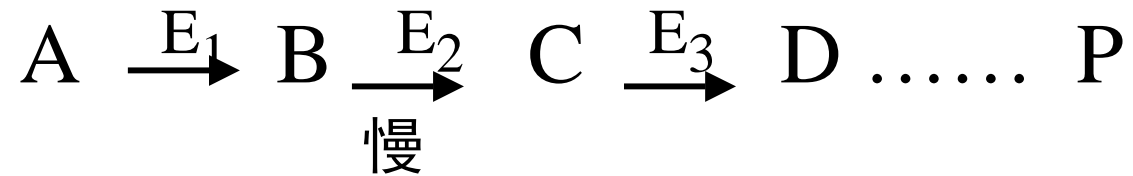
(二) 酶的变构效应

—E活性的前馈与反馈调节



重点介绍反馈抑制和前馈激活。

1、限速步骤和标兵E



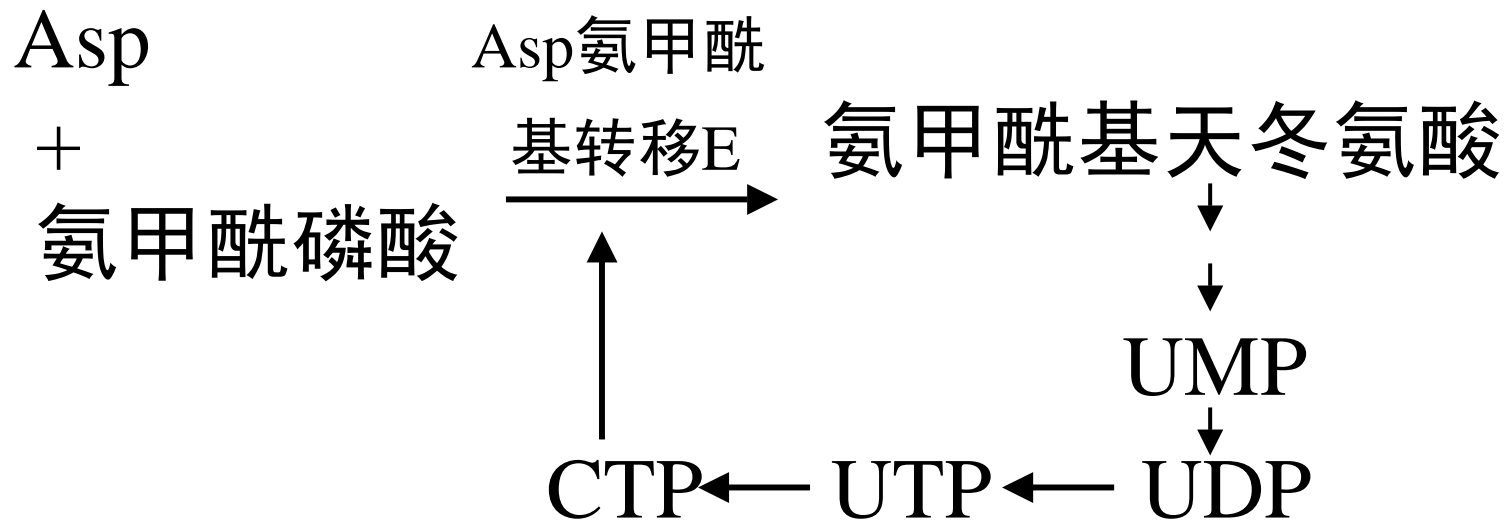
限速步骤， E_2 是标兵E，标兵E常常是一种变构调节E。

如：EMP中的磷酸果糖激E。

2、反馈抑制

反馈抑制：在系列反应中，终产物抑制反应序列前头的标兵E的作用。

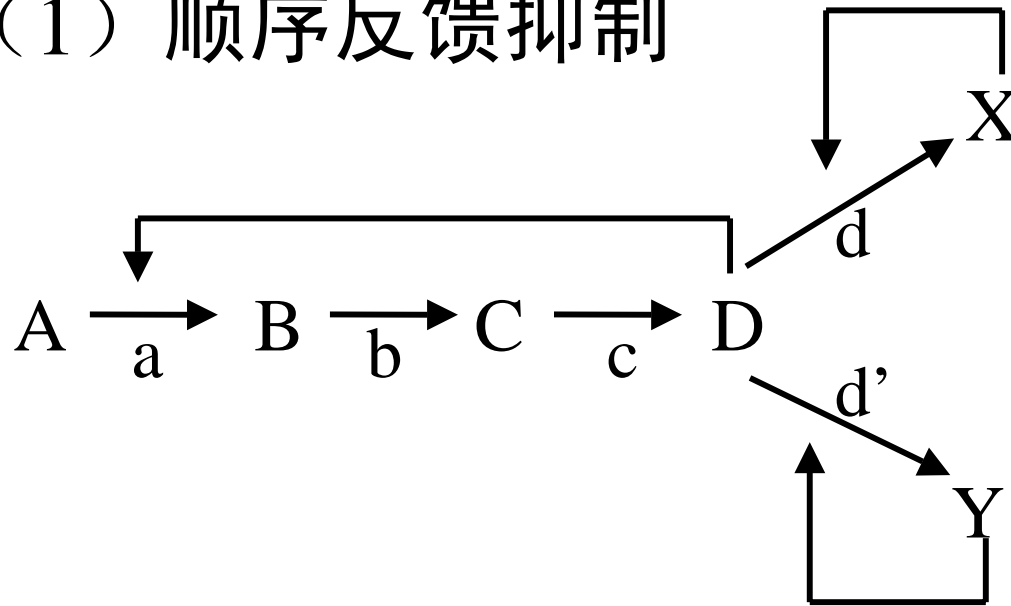
- 单价反馈抑制：如CTP对ATCase的抑制
 - 二价反馈抑制
 - 顺序反馈抑制
 - 协同反馈抑制
 - 积累反馈抑制
 - 同工E反馈抑制
- ※



CTP对ATCase的抑制

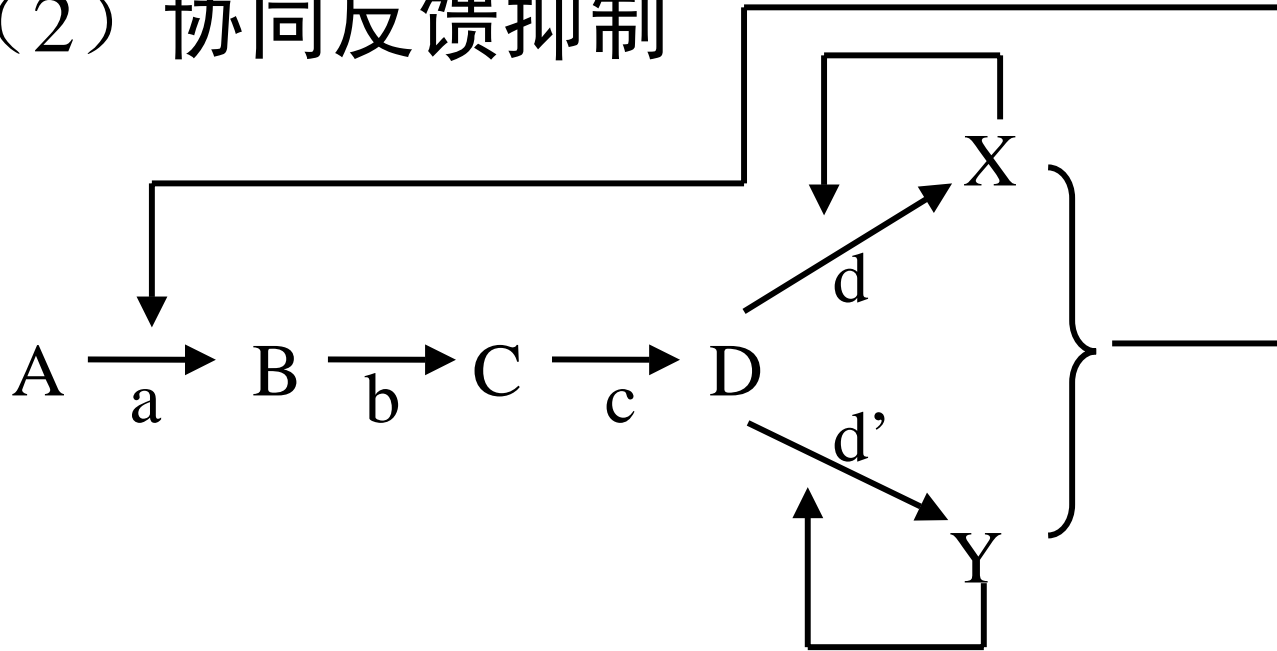
二价反馈抑制:

(1) 顺序反馈抑制



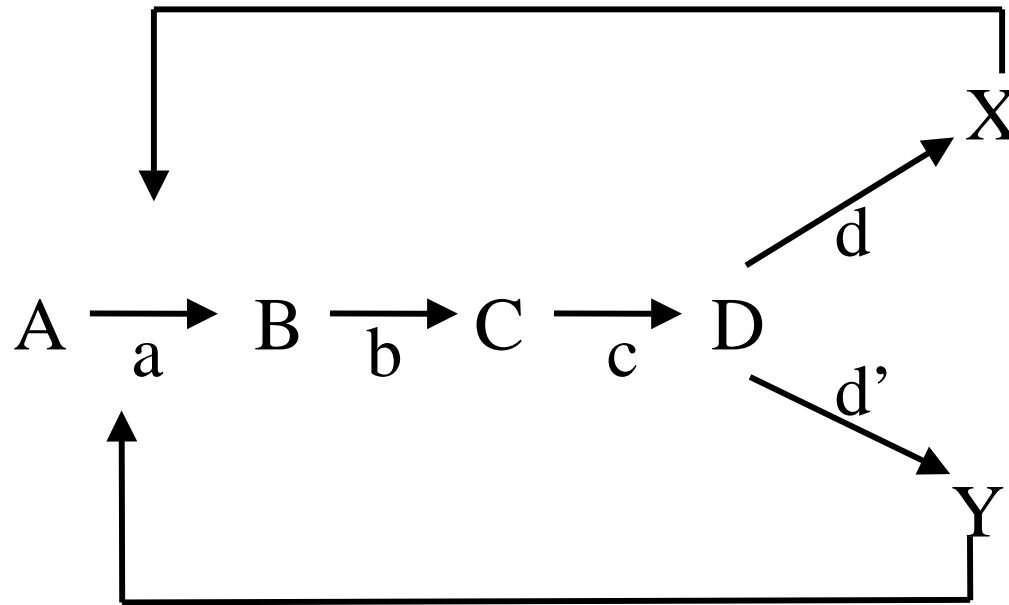
X或Y积累时，只分别抑制d或d'。
当d和d'同时受抑制时，D积累，进而对a起反馈抑制。

(2) 协同反馈抑制



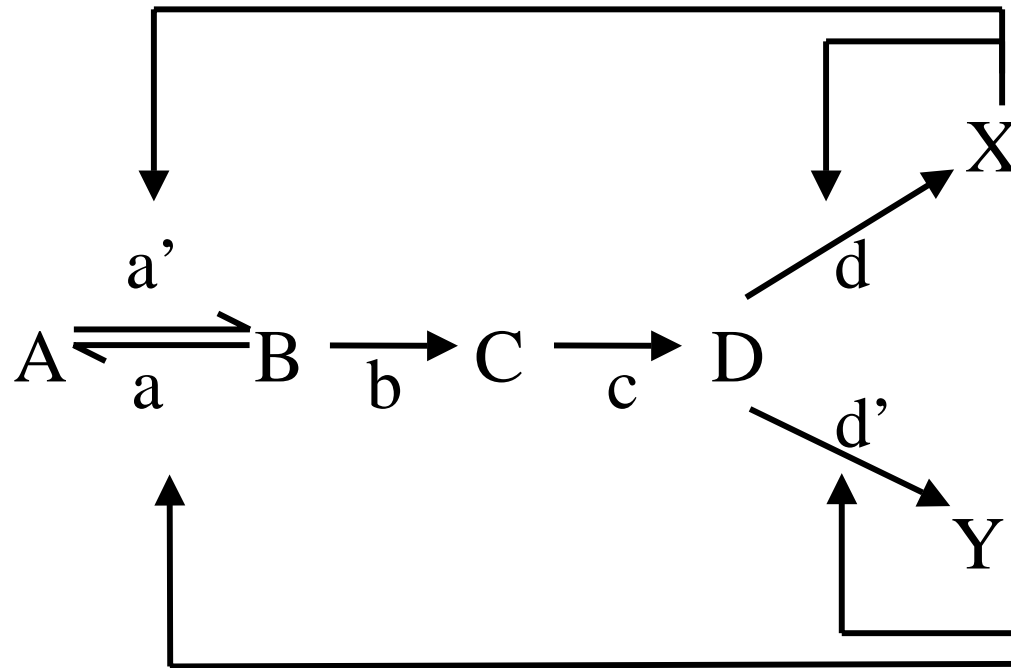
X和Y除分别对d和d'反馈抑制外，还协同抑制a。但X或Y单独不抑制a。

(3) 积累反馈抑制



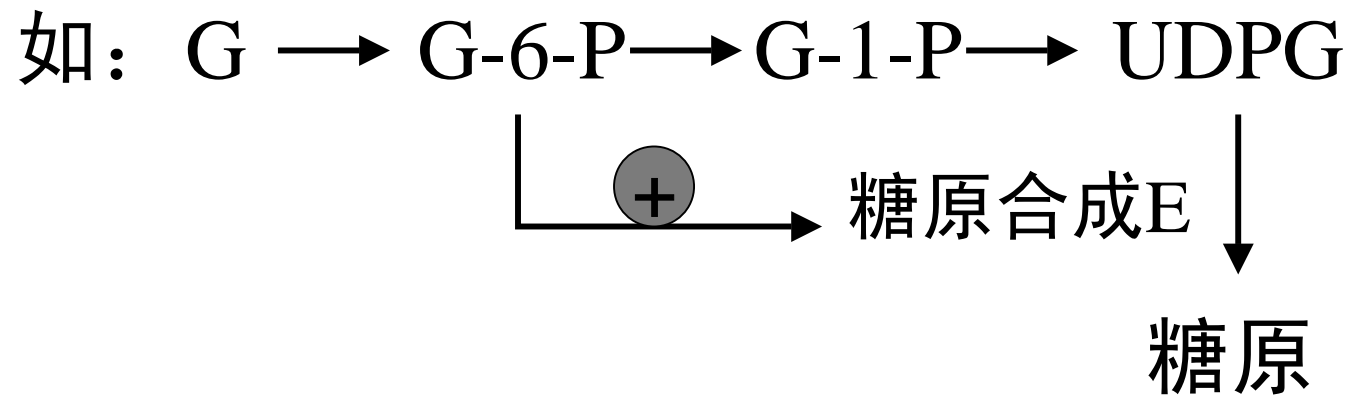
X或Y单独积累时，对a只起部分抑制，当两者都积累时对a起累积的反馈抑制。

(4) 同工酶反馈抑制



3、前馈激活

前馈激活：代谢途径中，后面的酶促反应被前面的中间产物所促进的作用。



(三) E的共价修饰与级联放大

共价修饰：E分子中的某些基团，在其它E的催化下，可以共价结合或脱去，引起E分子构象的变化，改变E的活性。

共价修饰调节E的特点：

- A、存在活性和无活性两种形式
- B、E的这两种形式通过E促的共价修饰相互转变
- C、伴有级联放大

共价修饰形式:

磷酸化/去磷酸化: 真核生物E的主要修饰形式

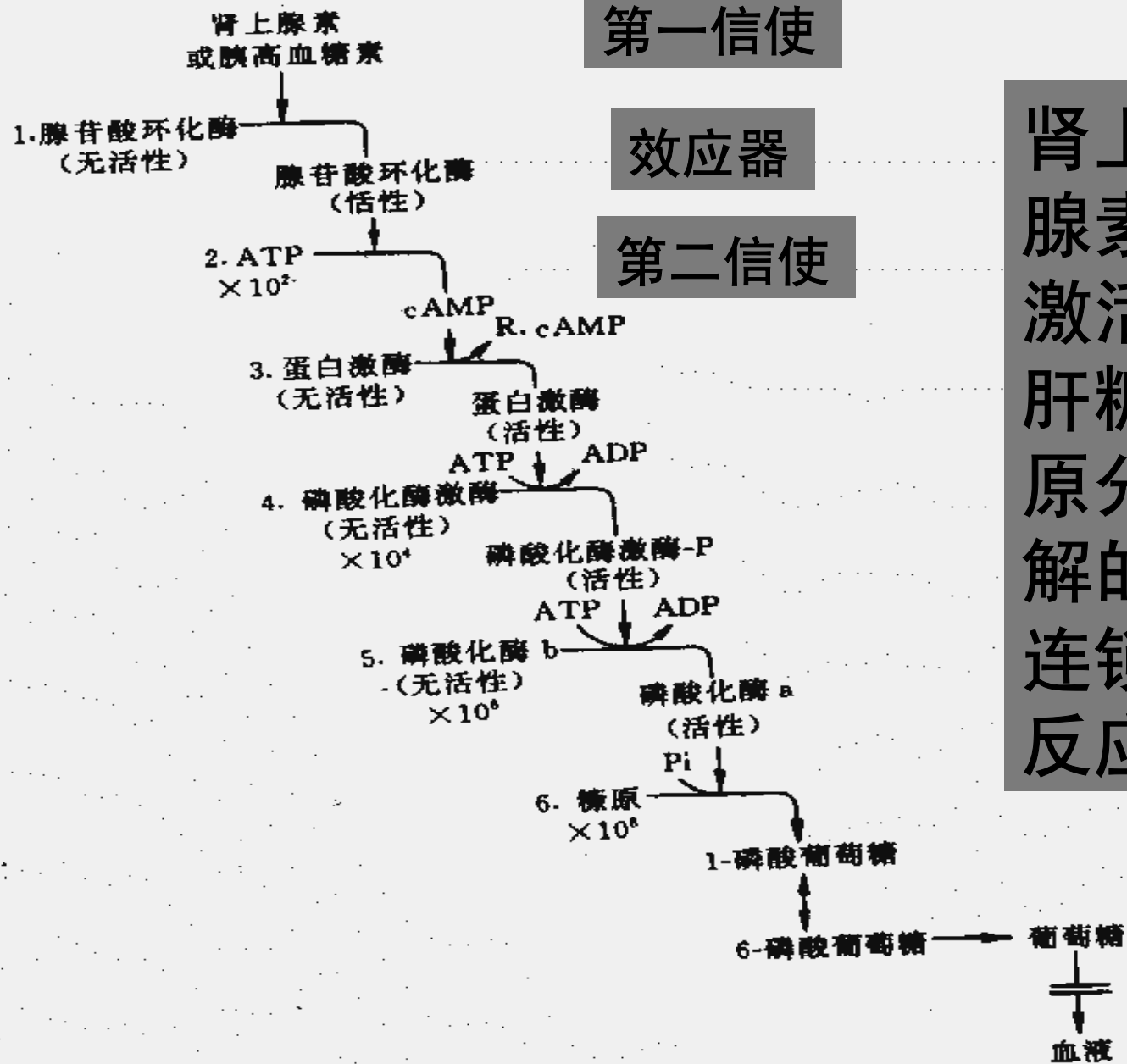
乙酰化/去乙酰化

腺苷酰化/去腺苷酰化

尿苷酰化/去尿苷酰化

甲基化/去甲基化

氧化 (S-S) /还原 (2SH)



第一信使

效应器

第二信使

肾上腺素
激活
肝糖原
分解的
连锁
反应

激素调节:

激素: 由动、植物的特殊细胞合成, 并经体液输送到作用部位, 调节物质代谢或生理功能的多种微量化合物。

哺乳动物的激素: AA及其衍生物、肽及Pr、固醇类、脂肪酸衍生物

植物激素: 生长素类、赤霉素类、激动素类、脱落酸、乙烯

激素的作用机理：

第一信使（激素）



受体 → 效应器 → 第二信使 → 生理效应

第二信使：能接受第一信使传来的信息，使之传到细胞内的物质。

cAMP：环腺苷酸

CaM：钙调素

IP₃：三磷酸肌醇

DG：二酰甘油

(四) 辅因子对代谢的调节

- 1、能荷对代谢的调节
- 2、 $[NADH] / [NAD^+]$ 比对代谢的调节
- 3、金属离子浓度的调节
如 Mg^{2+} 是许多激酶的激活剂

三、酶含量的调节—粗调

生物在生长发育过程中，主要通过酶合成的控制—即基因表达调控（主要在转录水平）进行调节（基因表达：遗传信息的转录和翻译过程）。

（一）原核和真核生物基因组

基因：指DNA分子中的最小功能单位。包括为RNA（tRNA、rRNA）、Pr编码的结构基因及无转录产物的调节基因。

基因组：指某一特定生物单倍体所含的全体基因。

1、原核生物基因组的特点

A、DNA分子上大部分是编码Pr的结构基因，故多数为单拷贝或仅有少量重复。

B、功能相关的基因串联在一起，转录在一条mRNA分子中（多顺反子）。

C、有基因重叠

2、真核生物基因组的特点

A、基因组大，如人单倍体基因组为 3×10^9 bp，有多个复制子

B、有大量重复序列

C、有断裂基因，即基因中有外显子区和内含子区

D、DNA上有许多不编码序列，它们在基因表达调控中起重要作用

(二) 原核生物的基因表达调控

E合成的调节方式有两种：

E合成的诱导：加入诱导剂，E诱导合成；诱导剂一般是E的底物或底物类似物。

E合成的阻遏：加入辅阻遏物，E合成被阻遏；辅阻遏物一般是E的产物或产物类似物。

1、操纵子（operon）学说

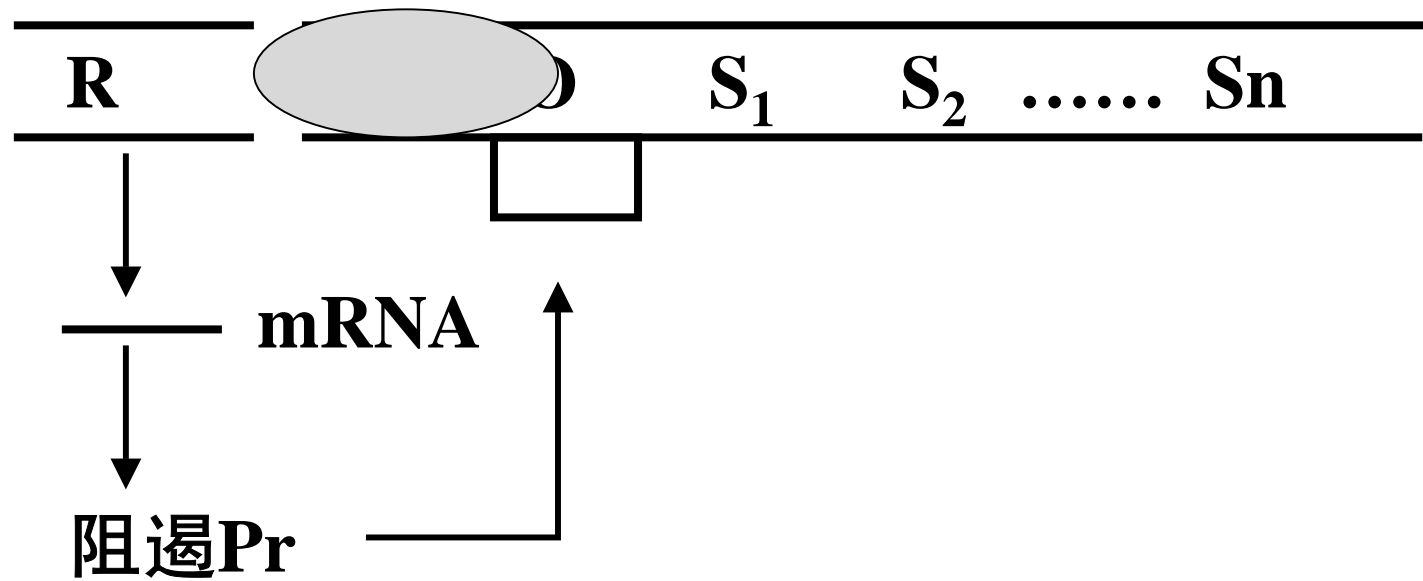
1961年，Monod和Jacob提出了操纵子模型，成功地解释了E的诱导与阻遏。

操纵子：在转录水平上控制基因表达的协调单位，它包括结构基因、操纵基因、启动子

结构基因 (S) : 合成一种或几种功能上相关的E或RNA

控制部位 { 操纵基因 (O) : 阻遏Pr的结合部位
启动子 (P) : RNA聚合E的结合部位

调节基因 (R) 的产物阻遏Pr控制操纵子中操纵基因的开与关。



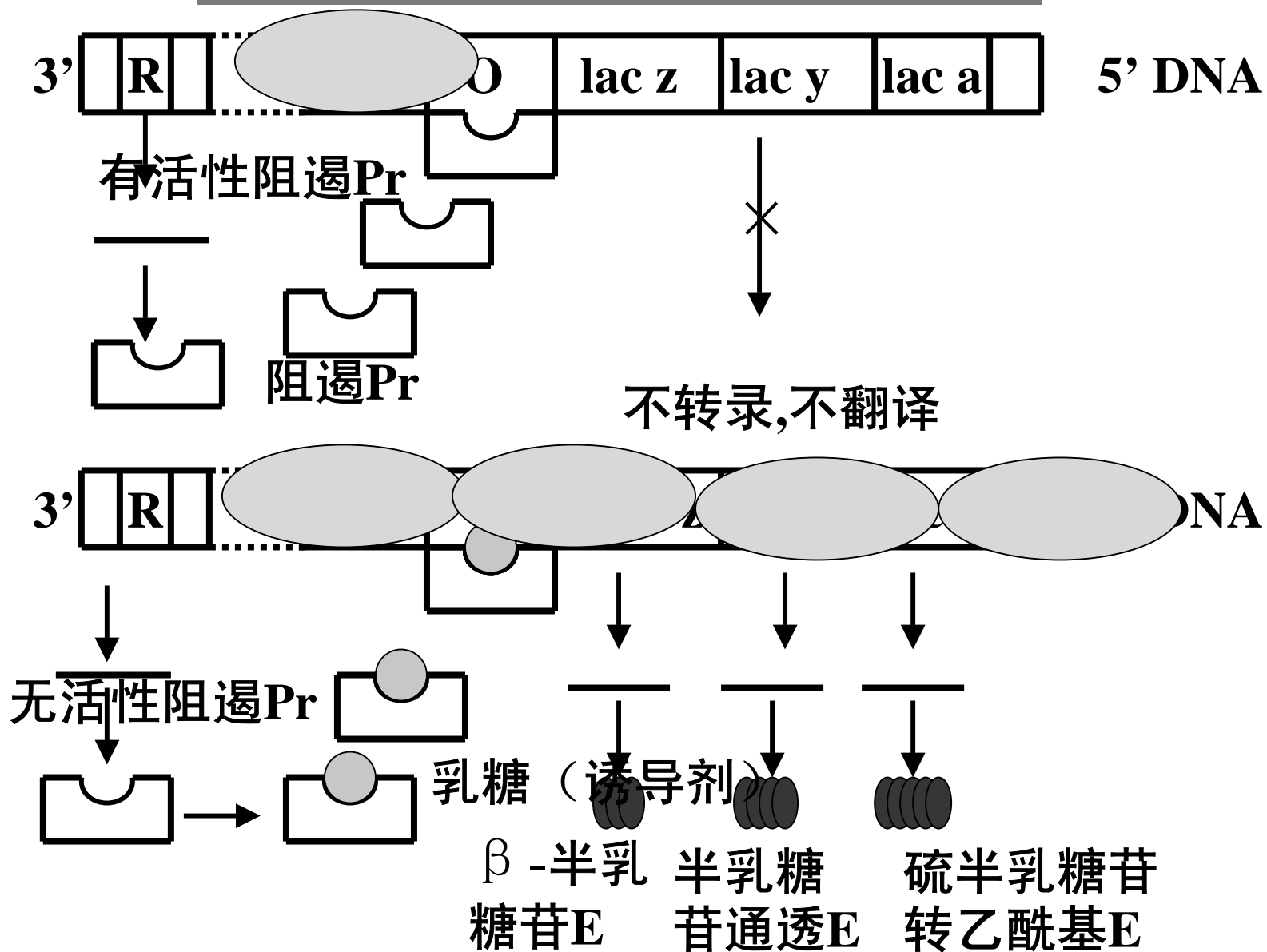
操纵子及其调节基因示意图

2、E合成的诱导—乳糖操纵子

负调控：无调节Pr，基因on；
有调节Pr，基因off。调节Pr称阻遏Pr。

正调控：无调节Pr，基因off；
有调节Pr，基因on。调节Pr称无辅基诱导Pr。

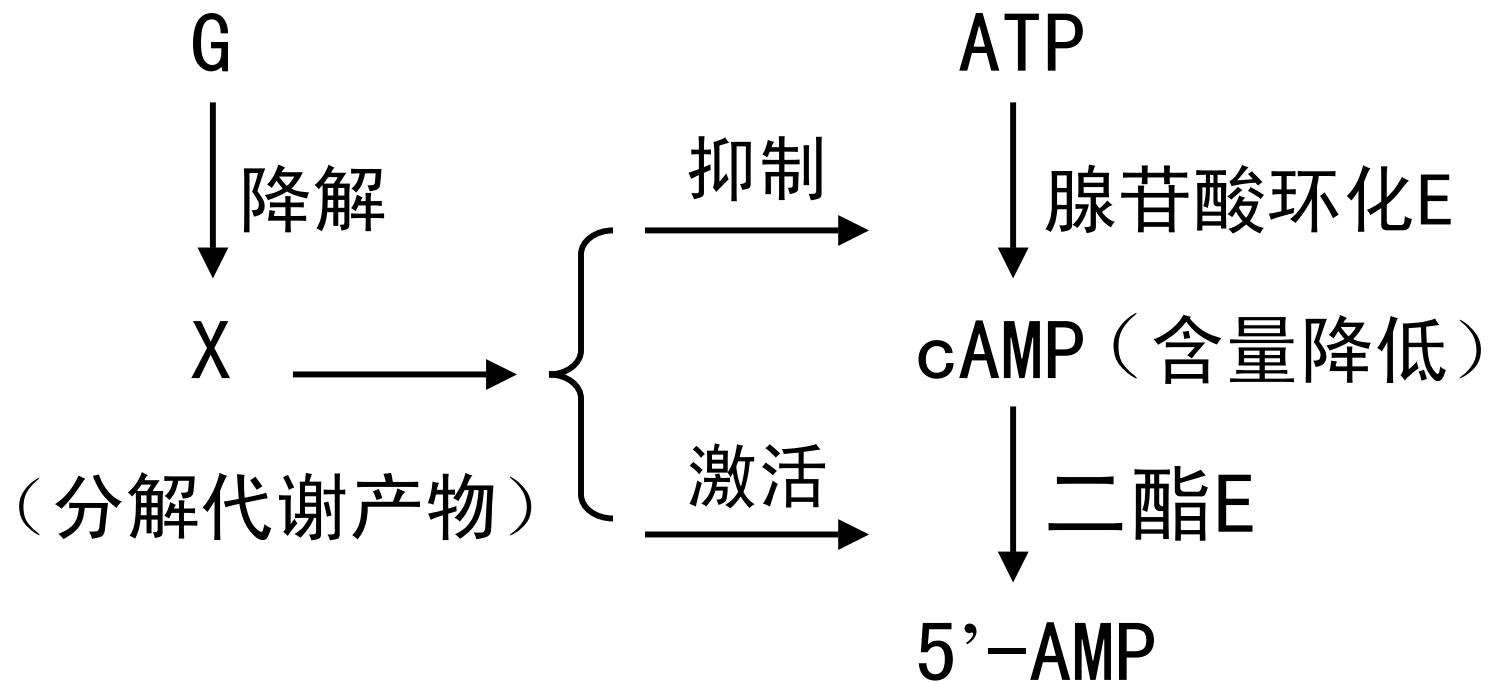
A、乳糖操纵子的负调控



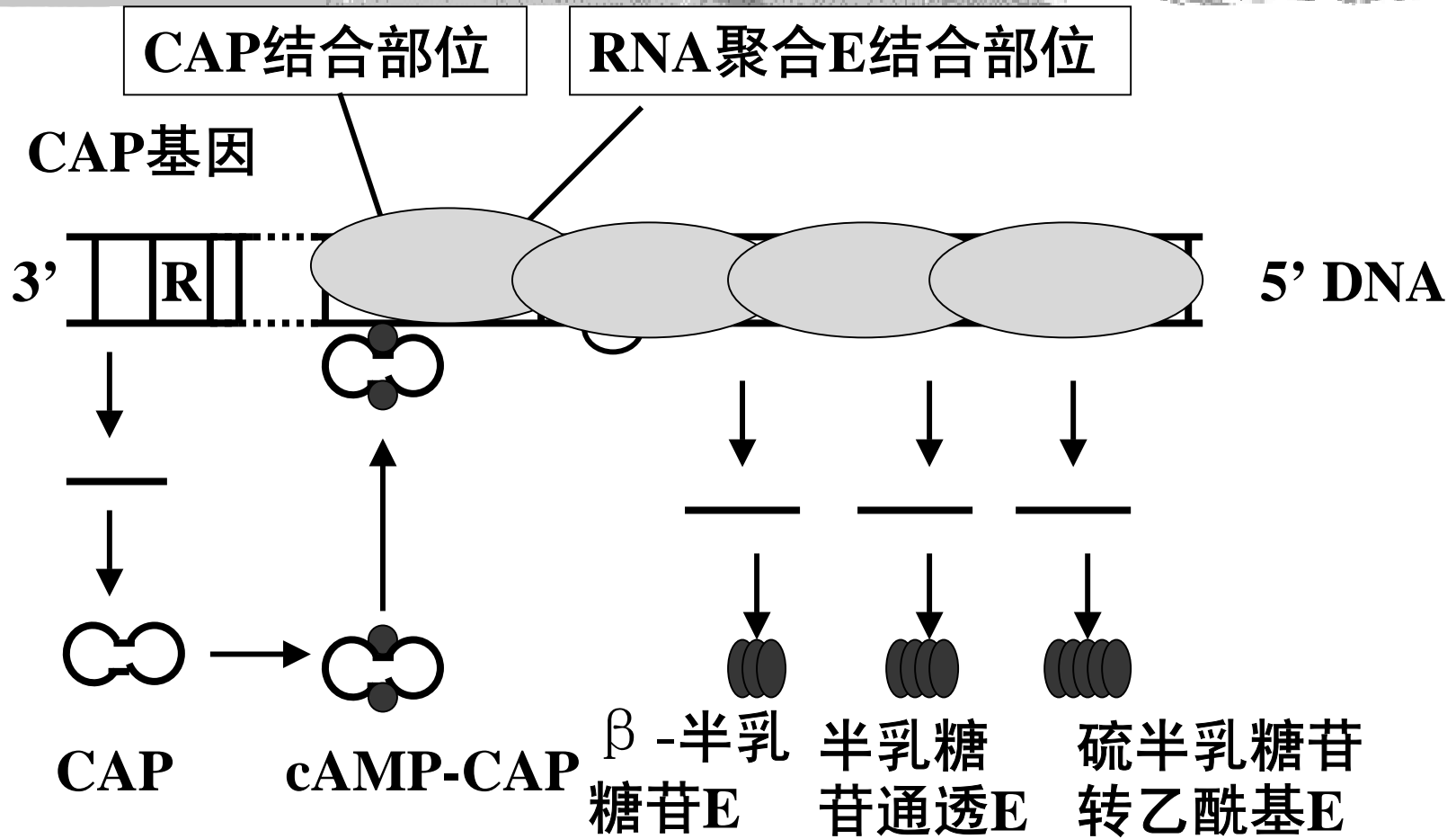
A、乳糖操纵子的正调控 —分解代谢物阻遏

有G，即使有乳糖，E. Coli也不合成 β -半乳糖苷酶。

cAMP可与降解物基因活化蛋白（CAP）结合而活化CAP。CAP结合位点是启动子的一部分，它的结合促进了RNA聚合酶与启动子结合，使转录的起始更加频繁。



cAMP含量低，CAP无活性，基因关闭。



分解代谢物阻遏

乳糖操纵子的负调控

有乳糖 \rightarrow 乳糖 + 阻遏Pr \rightarrow 阻遏Pr
无活性 \rightarrow 基因转录, 合成分解乳糖的E

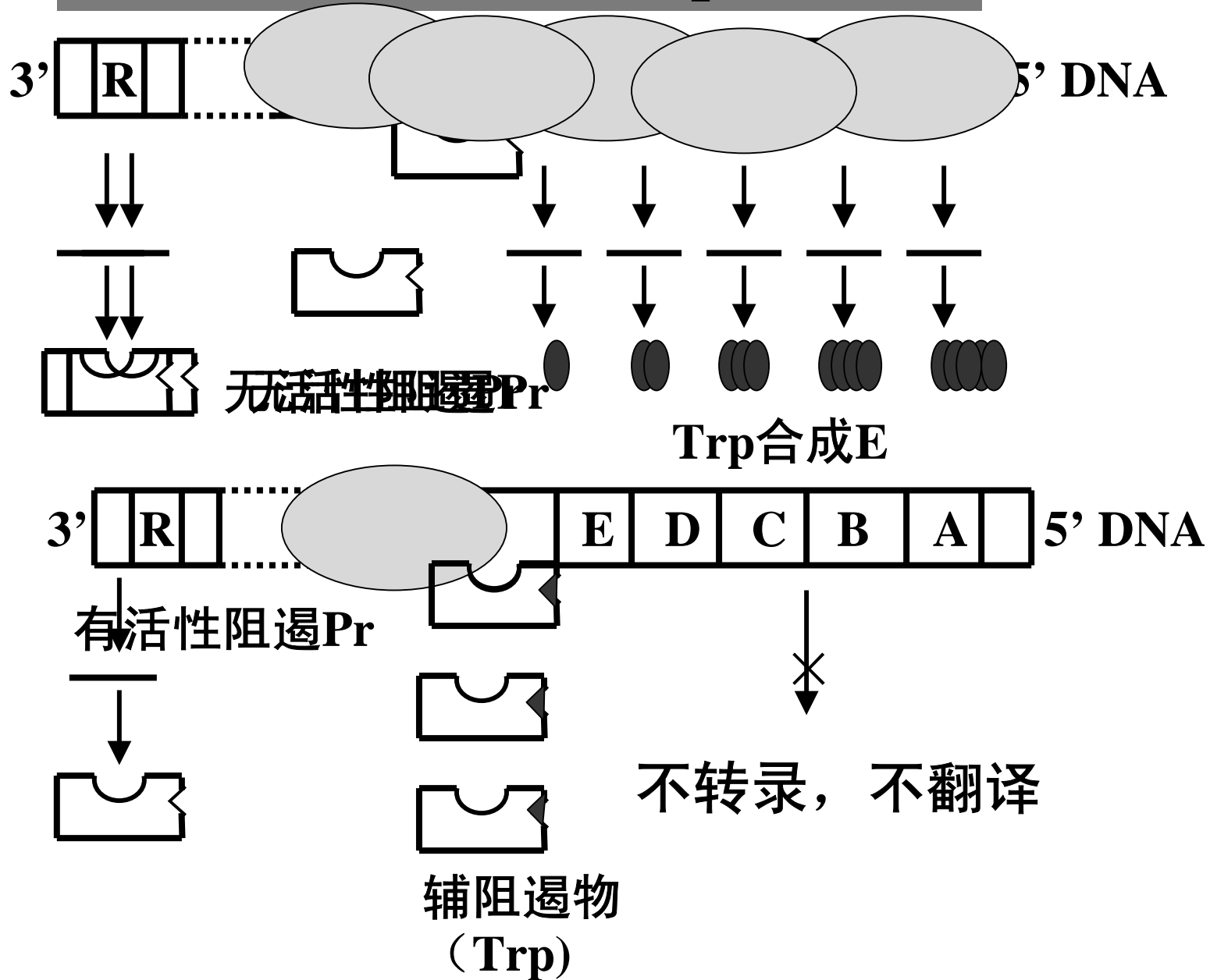
无乳糖 \rightarrow 有活性阻遏Pr \rightarrow 基因关闭

乳糖操纵子的正调控

有G, 有乳糖 \rightarrow cAMP含量降低 \rightarrow
CAP无活性 \rightarrow 基因关闭

无G, 有乳糖 \rightarrow CAP含量高, cAMP-
CAP结合在CAP位点 \rightarrow 转录更加频繁

3、E合成的阻遏—Trp操纵子



4、组成性合成

若调节基因突变，不能产生正常的阻遏Pr；或操纵基因突变，阻遏Pr不能与突变的操纵基因结合，则无论诱导与阻遏存在与否细胞都能合成相应的E。这种现象成为组成型合成（constitutive synthesis）。

三、真核生物的基因表达调控

1、真核基因表达调控的五个水平

A、DNA水平

B、转录水平

C、转录后水平

D、翻译水平

E、翻译后水平



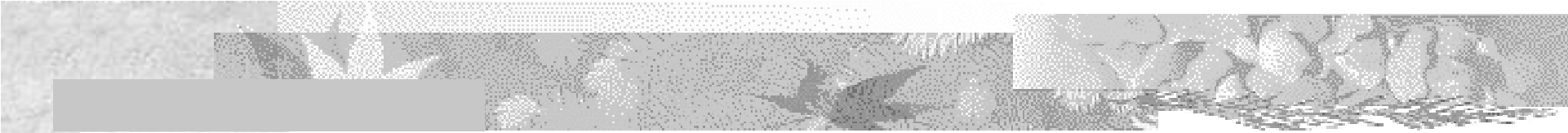
2、真核生物的基因调控主要是正调控

3、顺式作用元件和反式作用因子

(1) 调控Pr与DNA接触的亚结构的结构
基元

A、锌指 (Zinc finger)

B、螺旋-转角-螺旋 (HTH)



(2) 调控Pr与其它调控Pr或RNA聚合E接触的结构域

A、螺旋-环-螺旋 (HLH)

B、亮氨酸拉链 (leucine zipper)

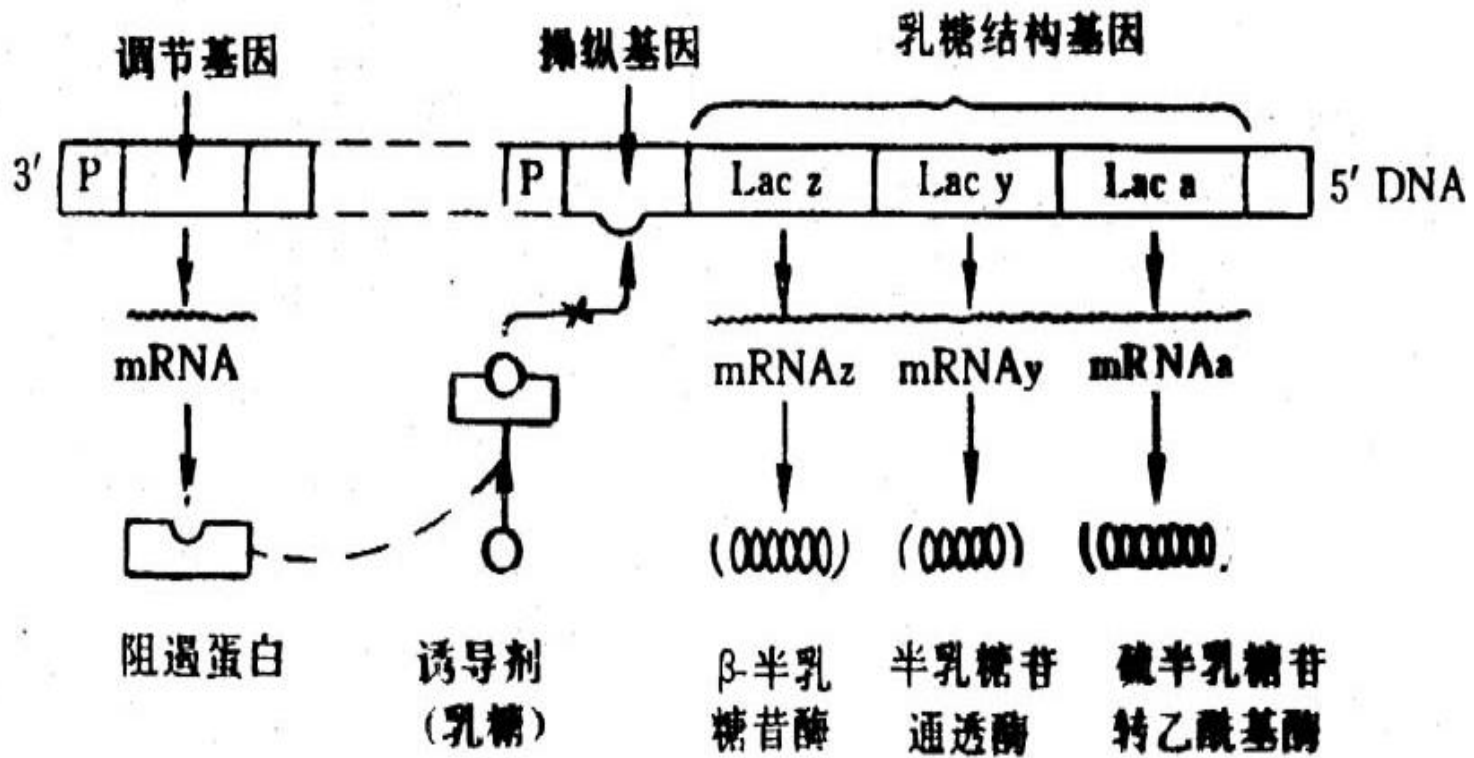



图 13-2 乳糖操纵子模型

e. g. 图 13-15 大肠杆菌乳糖操纵子模型

**Thanks for your
cooperation and
understanding !**





**Good luck in
your final test!**