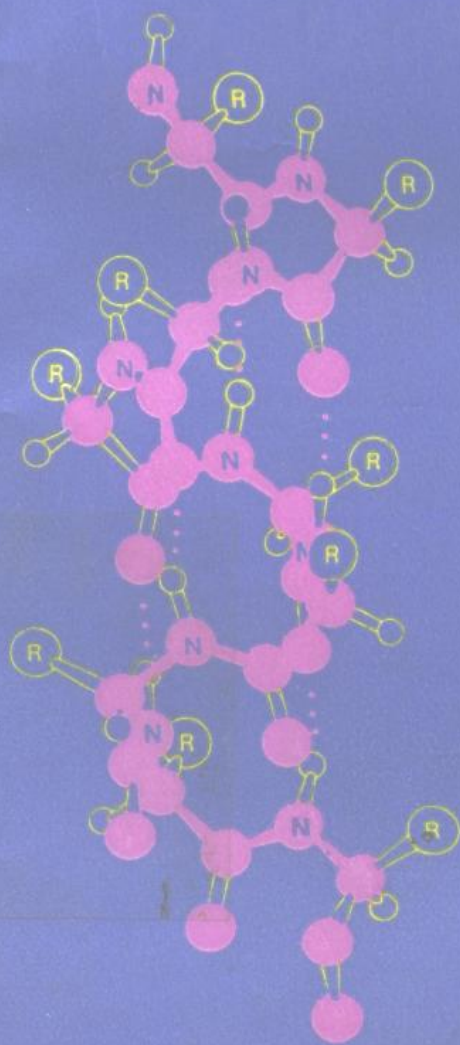


南开大学出版社

# 生物化学

宓怀风 编著



# 生 物 化 学

宓怀风 编著

南开大学出版社

## 内 容 简 介

本书前身系南开大学化学系生物化学课讲义。在阐述基本原理的同时,融汇近二十多年来的新成果,包括DNA序列分析、基因重组与克隆、一些代谢机理与膜传递机制的揭示……本书是革新生物化学课程内容的认真尝试,希望有助于大学生物化学的教学。

## 生 物 化 学

宓怀风 编著

---

南开大学出版社出版  
(天津八里台南开大学校内)  
邮政编码: 300071 电话: 34,9318  
新华书店天津发行所发行  
河北省邮电印刷厂印刷

---

1990年6月第1版 1990年6月第1次印刷  
开本: 850×1168<sup>1</sup>/<sub>32</sub> 印张22.25 插页: 2  
字数: 595千 印数: 1—2000  
ISBN7-310-00238-5/O·41 定价: 5.50元

## 前 言

本书源于作者在南开大学化学系讲授生物化学课的讲义。在编写本书时，作者在讲义的基础上增添了不少内容，光合作用（第十三章）和基因重排（第二十章）两章是全新的。

比起经典的化学、物理等学科，生物化学是一门新兴的学科，在近二十多年来发展尤其迅速。许多DNA的序列的分析，新基因组合的构成与克隆，许多代谢机理的阐明以及膜传递机制的揭示等一系列最新的研究成果大大丰富了人们在分子基础上对生命的了解。编写本书的一个重要目的就是把这些最新研究成果融合在基本原理的阐述之中，向读者作一些介绍。当然，由于学科发展的迅速以及作者掌握知识的局限性，这些介绍必然有一定的片面性和局限性，这也是难免的，望读者谅解。除了阐述生物化学的一般原理，介绍研究成果外，作者还引入了一些典型的研究实例，予以较详细的讲述。这样，读者不但可以了解生物化学的一些基本原理，而且可以了解早期的生物化学工作者是通过什么样的手段研究这些原理的，他们在研究过程中的思维逻辑又是怎样的。我想，读者中有些人今后会从事生物化学的专业研究工作。这些介绍对他们或许会有益处的。

由于生物化学是一门新兴的学科，因此目前国内有个别术语的译法还不统一。本书所用的译名主要参照北京师范大学生物系编写，科学出版社出版的《英汉生物化学词汇》。为了便于读者查阅，一些重要的生物化学术语及有关词语在本书中第一次出现时，同时标注英文。所有这些词汇都收入书末的索引，同时标上其首次出现处及以后重要的出现处。但有些非常普遍的词语，如蛋白质（protein）等，就没有必要一一标出每个重要的出现处了。索引

分汉英、英汉两部分。汉英部分以汉语拼音字母顺序排列。

本书承南开大学化学系王积涛教授审阅指正。南开大学出版社王真副编审为本书的整理出版给予我很大的帮助。在此表示衷心的感谢。

宓怀风

1987年7月

于天津 南开大学

3P29/1

## 序

大约在二百亿年以前，宇宙在一次大爆炸中诞生了。大量炽热的、高能的质粒被抛射向整个空间。当宇宙在膨胀中冷却下来后，这些质粒组成了由带正电荷的质子和不带电荷的中子构成的原子核以及围绕原子核旋转的带负电荷的电子。它们便是各种化学元素的原子。其中最简单的、也是在宇宙中存在量最大的，是氢。弥漫在浩瀚太空中的星际气体，绝大部分是氢。经历了漫长的年代，它们聚集成一团团的氢云。由于数量巨大，产生了强大的引力，从而不断地俘获周围的物质，同时其内部产生了巨大的压力和热量。恒星诞生了，从此走上漫长的演化道路。在宇宙大爆炸的一百多亿年之后，太阳形成了。在它的形成过程中，俘获了另一颗发展到后期的恒星再次爆炸抛射出来的在演化过程中形成的一百来种元素的物质，形成了太阳系。在宇宙中，演化到晚期的恒星再次爆炸颇为少见，能像太阳这样俘获其他恒星再次爆炸抛出的物质形成围绕着自己的行星体系的第二代恒星则更是极少数。然而在宇宙中得天独厚的是我们这颗太阳系第三个行星。它处在行星轨道的位置及它的大气层的组成使它的表面温度经常处于水的冰点以上，并远低于水的沸点。这是以碳、氢、氧、氮为主体的生命物质形成、生长和演化的最佳条件。于是，生命开始在我们这颗可以称之为宇宙骄子的星球上产生并演化发展了。

生命物质的最初形成至今对我们来说依然是个谜。但有一点是肯定的，那就是今天存在于我们这颗星球上的所有生命体，从细菌到最高等的生命体——人，都是从几十亿年前地球表面液态水

圈中简单的生物分子演化而来的。目前构成地球上所有生命体的各种生物大分子都是相同或是相似的。而它们组成中的各种单体分子，如氨基酸、核苷酸、各种单糖、脂类以及它们的衍生物等则基本上都是相同的。在生命演化的初期，这些生物分子组成了最简单的，能独立生存的生命体——原核细胞。这个过程至今还不很清楚，但它毕竟在几十亿年前的地球上发生了。今天地球上种类繁多的生命体都是从几十亿年前的这些单细胞生命体经过无数次突变演化而来的。从根本上说，生命过程及其漫长的演化历史都是化学过程，生命体是化学物质的一种超级组成形式，生命过程是一种超级的化学过程。生物化学就是研究这种超级化学的科学。

# 目 录

## 前言 序

### 第一篇 生物大分子

第一章 细胞 .....	( 3 )
第一节 细胞的结构形态和类型 .....	( 3 )
一、细胞的结构和组成 .....	( 3 )
二、细胞是体积很小的生命单位 .....	( 6 )
三、细胞的两大类——原核细胞和真核细胞 .....	( 7 )
第二节 原核细胞 .....	( 7 )
一、原核细胞是最小、最简单的细胞 .....	( 7 )
二、大肠杆菌 .....	( 8 )
第三节 真核细胞 .....	( 11 )
一、真核细胞比原核细胞大而且复杂得多 .....	( 11 )
二、真核细胞的核 .....	( 11 )
三、真核细胞的线粒体 .....	( 15 )
四、真核细胞细胞质内的其他细胞器 .....	( 16 )
提要 .....	( 24 )
第二章 蛋白质 .....	( 26 )
第一节 氨基酸 .....	( 28 )
一、氨基酸的化学结构 .....	( 28 )
二、组成蛋白质的二十种氨基酸 .....	( 29 )
三、氨基酸的主要化学反应 .....	( 37 )
四、层析法分离和测定氨基酸 .....	( 40 )
第二节 肽和蛋白质 .....	( 44 )
一、肽键和肽链 .....	( 44 )
二、蛋白质的组成 .....	( 46 )
三、蛋白质的电性和等电点 .....	( 48 )



四、蛋白质的提纯和测试 .....	( 48 )
五、蛋白质的氨基酸序列分析 .....	( 60 )
第三节 蛋白质的结构 .....	( 67 )
一、周期性结构： $\alpha$ -螺旋， $\beta$ -折叠以及胶原螺旋结构 .....	( 68 )
二、 $\beta$ -转折和团块结构 .....	( 72 )
三、蛋白质的4级结构 .....	( 73 )
四、氨基酸序列决定蛋白质结构，蛋白质结构决定其功能 .....	( 74 )
第四节 介绍几种蛋白质 .....	( 77 )
一、肌红蛋白 .....	( 77 )
二、血红蛋白 .....	( 83 )
三、胶原蛋白 .....	( 96 )
四、羧肽酶A .....	( 108 )
提要 .....	( 113 )
第三章 酶 .....	( 117 )
第一节 酶与酶催化反应 .....	( 117 )
一、酶催化反应的专一性 .....	( 117 )
二、酶不改变化学平衡 .....	( 119 )
三、酶转换能量的形式 .....	( 121 )
四、酶的活性中心 .....	( 120 )
五、介绍几种酶和底物的结合力 .....	( 120 )
六、水在生物化学中的作用 .....	( 122 )
七、酶催化反应的调控 .....	( 123 )
第二节 酶动力学和米氏公式 .....	( 124 )
一、米氏公式的导出 .....	( 128 )
二、 $V_{\max}$ 和 $K_m$ 值的求得及其涵义 .....	( 130 )
三、变构酶不服从米氏公式 .....	( 133 )
第三节 酶活性的抑制 .....	( 134 )
一、酶可以被某些小分子抑制 .....	( 134 )
二、竞争性抑制和非竞争性抑制的动力学及其区别 .....	( 136 )
第四节 介绍几个酶的例子 .....	( 140 )
一、溶菌酶 .....	( 140 )

二、消化酶 .....	( 147 )
提要 .....	( 158 )
第四章 生物膜 .....	( 161 )
第一节 生物膜的形态——组成和结构 .....	( 161 )
一、膜脂 .....	( 162 )
二、磷脂和糖脂形成双分子层 .....	( 166 )
三、膜蛋白质 .....	( 170 )
四、糖基连在多种质膜的外部 .....	( 171 )
第二节 生物膜的一些性质 .....	( 173 )
一、膜脂和多种膜蛋白沿膜平面作横向运动 .....	( 173 )
二、膜脂和膜蛋白质不能穿过双分子层膜翻转 .....	( 174 )
三、生物膜不对称 .....	( 175 )
第三节 膜传递 .....	( 176 )
一、被动传递和主动传递 .....	( 177 )
二、钠钾离子泵 .....	( 178 )
三、共传递 .....	( 183 )
四、和磷酸化偶联的糖主动传递 .....	( 185 )
五、膜传递抗生素 .....	( 186 )
提要 .....	( 189 )

## 第二篇 代 谢

第五章 代谢概论 .....	( 195 )
第一节 自由能 .....	( 195 )
一、自由能是生物化学中最常用的热力学函数 .....	( 195 )
二、自由能差 $\Delta G$ 的计算 .....	( 197 )
三、一个热力学不宜进行的反应可以被另一个热力学宜于进 行的反应所驱动 .....	( 198 )
第二节 ATP .....	( 198 )
一、ATP是细胞活动中能量制造和能量消耗之间最主要的化学 环节 .....	( 198 )
二、ATP水解的标准自由能差 .....	( 200 )
三、ATP在许多磷酸化反应中作为磷酸的供体 .....	( 201 )

四、ATP的浓度控制代谢过程	( 201 )
第三节 辅酶和维生素	( 203 )
一、NADH、NADPH和FADH <sub>2</sub> 在生物氧化时是主要的电子载体	( 203 )
二、辅酶A是一种普遍的乙酰基载体	( 206 )
三、维生素	( 207 )
提要	( 211 )
第六章 糖酵解	( 213 )
第一节 单糖	( 213 )
一、单糖的构型和命名	( 213 )
二、葡萄糖和果糖	( 214 )
第二节 葡萄糖酵解	( 216 )
一、糖酵解的途径	( 216 )
二、酵解过程中产生ATP及NADH等能量分子	( 220 )
三、糖酵解的控制	( 222 )
第三节 丙酮酸继续转化	( 223 )
一、乙醇是丙酮酸在酵母和有些微生物中的转化形式	( 223 )
二、乳酸是某些微生物中或供氧不足的高等生物体的某些组织中丙酮酸转化的另一途径	( 224 )
三、生成乙酰辅酶A是丙酮酸继续转化的主要途径	( 224 )
提要	( 225 )
第七章 三羧循环	( 227 )
第一节 三羧循环的化学反应	( 227 )
一、三羧循环是一个循环途径	( 227 )
二、三羧循环的反应过程	( 227 )
三、三羧循环中化学物质变化的结算	( 232 )
四、三羧循环的调控	( 234 )
第二节 丙酮酸脱氢酶复合体系	( 235 )
一、丙酮酸脱氢酶复合体系的组成和各部分的功能	( 235 )
二、 $\alpha$ -酮戊二酸脱氢酶也是类似的酶复合体系	( 239 )
三、丙酮酸脱氢酶复合体系的控制	( 239 )

第三节	三羧循环为生物合成提供原料 .....	( 241 )
提要	.....	( 243 )
第八章	氧化磷酸化 .....	( 245 )
第一节	氧化磷酸化过程中的电子传递 .....	( 246 )
一、	线粒体 .....	( 246 )
二、	呼吸链上的电子传递 .....	( 246 )
三、	细胞色素c .....	( 253 )
第二节	ATP在氧化磷酸化过程中的合成 .....	( 255 )
一、	ATP的合成同电子的传递是偶联的 .....	( 255 )
二、	氧化磷酸化和一个质子梯度偶联 .....	( 256 )
三、	质子驱动力 .....	( 258 )
四、	ATP的合成 .....	( 259 )
第三节	葡萄糖最终氧化的总结算 .....	( 262 )
一、	3-磷酸甘油酯梭将细胞液中NADH提供的电子载入线粒体内 .....	( 263 )
二、	葡萄糖氧化至CO <sub>2</sub> 和H <sub>2</sub> O产生能量分子的总结算 .....	( 264 )
提要	.....	( 266 )
第九章	戊糖磷酸途径和葡萄糖异生作用 .....	( 268 )
第一节	戊糖磷酸途径 .....	( 269 )
一、	NADPH在戊糖磷酸途径的形成 .....	( 269 )
二、	戊糖磷酸途径与酵解相连 .....	( 271 )
三、	戊糖磷酸途径的调控 .....	( 274 )
第二节	转酮醇酶和转醛醇酶的催化作用 .....	( 275 )
一、	转酮醇酶的辅基TPP转移活性羟乙酰基 .....	( 275 )
二、	转醛醇酶通过形成西佛碱转移二羟丙酮基团 .....	( 276 )
第三节	葡萄糖异生作用 .....	( 278 )
一、	葡萄糖可以由非碳水化合物前体合成 .....	( 278 )
二、	葡萄糖异生作用不是酵解的可逆过程 .....	( 280 )
三、	葡萄糖异生作用的调控 .....	( 282 )
提要	.....	( 283 )

第十章 糖原和二糖代谢 .....	( 285 )
第一节 糖原的降解 .....	( 286 )
一、磷酸化酶催化磷酸化裂解糖原非还原末端的 $\alpha$ -1, 4糖 苷键 .....	( 286 )
二、在分叉处糖原的降解 .....	( 287 )
三、葡萄糖-1-磷酸转变成葡萄糖传递到体内各部位 .....	( 288 )
第二节 糖原的合成 .....	( 289 )
一、糖原合成是以尿苷二磷酸葡萄糖为活性单体的 .....	( 289 )
二、由分枝酶催化形成分枝化的 $\alpha$ -1, 6糖苷键 .....	( 291 )
第三节 糖原降解和合成的调控 .....	( 292 )
一、环腺苷一磷酸和一些激素对糖原的降解和合成起主要的 调控作用 .....	( 292 )
二、糖原降解和合成的调控的关键是酶的磷酸化修饰改变活 性 .....	( 294 )
三、激素-cAMP体系通过反应级联调控糖原的代谢 .....	( 296 )
第四节 淀粉和二糖代谢 .....	( 298 )
一、淀粉的降解 .....	( 298 )
二、麦芽糖、蔗糖和乳糖 .....	( 299 )
三、果糖和半乳糖进入酵解 .....	( 302 )
提要 .....	( 304 )
第十一章 脂肪酸代谢 .....	( 307 )
第一节 脂肪酸的降解 .....	( 308 )
一、三酸甘油酯的水解 .....	( 308 )
二、饱和脂肪酸的降解 .....	( 309 )
三、不饱和脂肪酸的降解 .....	( 313 )
四、奇数碳原子脂肪酸降解产物丙酰辅酶A的转化 .....	( 316 )
第二节 酮体 .....	( 318 )
一、酮体是在脂肪酸裂解过量时由乙酰辅酶A生成的 .....	( 318 )
二、酮体在代谢中的作用 .....	( 320 )
第三节 脂肪酸的合成 .....	( 322 )
一、脂肪酸的合成与其降解的途径不同 .....	( 322 )

二、真核细胞中的脂肪酸合成多酶复合体 .....	( 329 )
三、柠檬酸将乙酰基团从线粒体载运到细胞液 .....	( 330 )
四、增链和饱和脂肪酸的合成 .....	( 332 )
五、脂肪酸合成的调控 .....	( 333 )
提要 .....	( 334 )
第十二章 氨基酸的降解 .....	( 337 )
第一节 氨基酸中 $\alpha$ -氨基的代谢 .....	( 337 )
一、氨基酸的 $\alpha$ -氨基转化为铵离子 .....	( 337 )
二、尿素循环 .....	( 341 )
第二节 氨基酸碳骨架的降解代谢 .....	( 345 )
提要 .....	( 365 )
第十三章 光合作用 .....	( 367 )
第一节 叶绿素的光化学 .....	( 367 )
一、光的物理定义 .....	( 36 )
二、叶绿素是光受体分子 .....	( 368 )
三、光引起电子转移反应 .....	( 369 )
四、绿色植物的光合作用发生在叶绿体中 .....	( 372 )
五、发生光化学反应的叶绿素位于一个称为反应中心的复 合物中 .....	( 373 )
第二节 光合细菌中的电子传递体系 .....	( 375 )
一、从P870到醌的电子传递链 .....	( 376 )
二、电子回到P870的传递链 .....	( 377 )
第三节 植物叶绿体中的电子传递体系 .....	( 378 )
一、叶绿体中有两个串联的光系统 .....	( 378 )
二、O <sub>2</sub> 的产生需要在光系统 I 积聚 4 个氧化当量 .....	( 379 )
三、连接两个体系的电子传递链 .....	( 381 )
四、光系统 I 最终将电子传递给NADP <sup>+</sup> .....	( 383 )
五、叶绿体中的电子传递的全过程及氧化还原反应 .....	( 383 )
第四节 暗反应——固碳作用 .....	( 384 )
一、还原戊糖循环 .....	( 385 )
二、还原戊糖循环的控制 .....	( 389 )

三、光呼吸作用和C <sub>4</sub> 循环 .....	( 389 )
提要 .....	( 393 )

### 第三篇 遗传信息

第十四章 脱氧核糖核酸 .....	( 399 )
-------------------	---------

第一节 DNA的化学组成和结构 .....	( 400 )
-----------------------	---------

一、DNA的化学组成 .....	( 400 )
------------------	---------

二、Waston-Crick DNA双螺旋结构 .....	( 404 )
-------------------------------	---------

三、DNA的形态及一些性质 .....	( 407 )
---------------------	---------

第二节 DNA的复制 .....	( 411 )
------------------	---------

一、DNA的半保留复制 .....	( 411 )
-------------------	---------

二、DNA聚合酶 I .....	( 413 )
------------------	---------

三、DNA连接酶 .....	( 419 )
----------------	---------

四、DNA聚合酶 I 和 II .....	( 421 )
-----------------------	---------

五、DNA的复制 .....	( 423 )
----------------	---------

六、DNA的复修 .....	( 429 )
----------------	---------

第三节 DNA序列分析 .....	( 433 )
-------------------	---------

一、5'末端标记裂解法DNA序列分析 .....	( 433 )
--------------------------	---------

二、链终止法DNA序列分析 .....	( 436 )
---------------------	---------

三、限制性内切酶 .....	( 439 )
----------------	---------

提要 .....	( 446 )
----------	---------

第十五章 信使RNA以及转录 .....	( 449 )
----------------------	---------

第一节 RNA的分类及其组成和结构 .....	( 449 )
-------------------------	---------

一、细胞中有三类不同的RNA .....	( 449 )
----------------------	---------

二、RNA的组成和结构 .....	( 451 )
-------------------	---------

三、信使RNA是遗传信息指导蛋白质合成的中介物 .....	( 452 )
-------------------------------	---------

第二节 RNA的转录 .....	( 453 )
------------------	---------

一、RNA聚合酶 .....	( 453 )
----------------	---------

二、RNA的转录 .....	( 456 )
----------------	---------

三、新生RNA链的加工、切割与修饰 .....	( 458 )
-------------------------	---------

四、抑制转录的抗生素 .....	( 461 )
------------------	---------

第三节	RNA的序列分析	( 464 )
提要		( 467 )
第十六章	蛋白质的合成	( 469 )
第一节	遗传密码、基因与蛋白质的关系	( 469 )
一、	基因密码	( 469 )
二、	基因的碱基序列和蛋白质氨基酸序列之间的关系	( 473 )
三、	DNA的碱基序列改变引起的突变	( 475 )
第二节	tRNA	( 479 )
一、	tRNA是蛋白质合成时联系氨基酸和 mRNA 的遗传信息的衔接分子	( 479 )
二、	tRNA具有共同的结构	( 480 )
三、	氨基酸被专一的氨基酰-tRNA合成酶活化并连接到相应的tRNA上	( 485 )
四、	tRNA的反密码识别mRNA上的密码	( 488 )
第三节	蛋白质在核蛋白体中的合成	( 491 )
一、	核蛋白体	( 491 )
二、	蛋白质在核蛋白体中合成	( 493 )
三、	多种蛋白质在翻译后要进行修饰	( 501 )
四、	抑制蛋白质合成的抗生素	( 502 )
提要		( 505 )
第十七章	病毒	( 508 )
第一节	病毒的感染及组装	( 509 )
一、	烟草花叶病毒	( 509 )
二、	T4噬菌体	( 513 )
第二节	RNA病毒	( 518 )
一、	RNA病毒的复制	( 518 )
二、	反转录病毒	( 523 )
三、	一些小的RNA噬菌体也含有覆盖的基因	( 525 )
第三节	溶源噬菌体	( 526 )
第四节	干扰素	( 529 )



提要 .....	( 530 )
· 第十八章 基因表达的调控 .....	( 533 )
第一节 mRNA的转录受到调节基因的调控 .....	( 533 )
一、大肠杆菌中 $\beta$ -半乳糖苷酶基因表达的调控 .....	( 533 )
二、cAMP可激发一些可被诱导涉及降解代谢的酶的基因转录 .....	( 538 )
三、阿拉伯糖操纵子转录的调控 .....	( 540 )
第二节 色氨酸操纵子转录的调控 .....	( 541 )
一、色氨酸操纵子的转录被一个衰减子和一个调节基因共 同调控 .....	( 541 )
二、衰减子以先导mRNA的翻译为前导调控trp操纵子的转录 .....	( 543 )
第三节 $\lambda$ 噬菌体基因的调控 .....	( 546 )
一、 $\lambda$ 噬菌体溶菌途径的基因表达 .....	( 546 )
二、 $\lambda$ 噬菌体的溶源过程 .....	( 547 )
三、 $\lambda$ 阻遏物合成的自我调控 .....	( 548 )
提要 .....	( 550 )
第十九章 真核细胞中的染色体和基因表达 .....	( 552 )
第一节 真核细胞中染色体的构造及DNA的复制 .....	( 552 )
一、真核细胞中的DNA及组蛋白 .....	( 552 )
二、核小体 .....	( 554 )
三、真核细胞的DNA及其复制 .....	( 555 )
第二节 真核细胞中的转录 .....	( 559 )
一、真核细胞中的RNA聚合酶 .....	( 559 )
二、真核细胞中的RNA及转录 .....	( 560 )
第三节 真核细胞中的蛋白质合成 .....	( 562 )
提要 .....	( 566 )
第二十章 基因重排 .....	( 568 )
第一节 基因重组 .....	( 568 )
一、基因重组是通过不同的亲代DNA链裂解并重新组合连接	