MOLECULAR MODEL & PAPER FOLDING

结构化学模型与折纸技术

何福城　李象远　著

四川教育出版社

结构化学模型与折纸技术

何福城　李象远　著

四 川 教 育 出 版 社

一九九一年十二月

（川）新登字005号

责任编辑：皮俊中
封面设计：何一兵

结构化学模型与折纸技术 何福成 李象远 著

四川教育出版社出版发行 （成都盐道街三号）
四川省新华书店经销 七二三四工厂印刷

开本850×1168毫米 1/32 印张6.125插页3字数142千
1991年11月第一版 1991年11月第一次印刷
印数：1—1130册

ISBN 7—5408—1493—4/G·1444 定价：2.40元

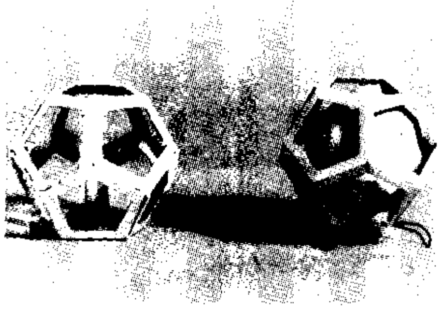


图1－5－2（a）（b）
正十二面体骨架和内接正
二十面体

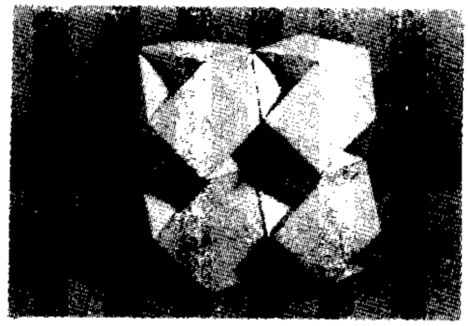


图3－1－7
四个立方八面体模型

图3－6－4
"足球分子"模型

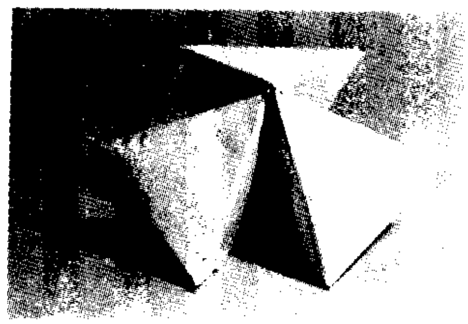


图4－3－4（c）
$C(CH_3)_3$的模型

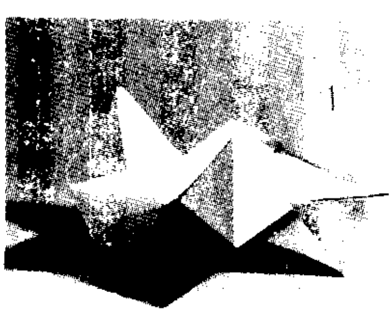


图4－5－5（c）
$[Si_6O_{18}]^{12-}$的模型

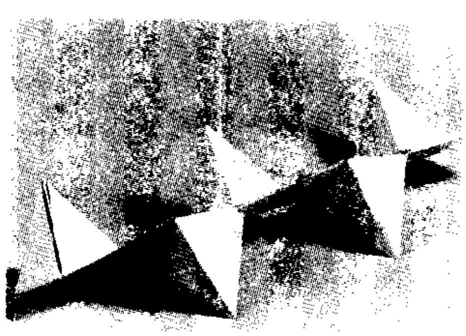


图4－6－3（c）
四面体单链（$TU\beta$）x

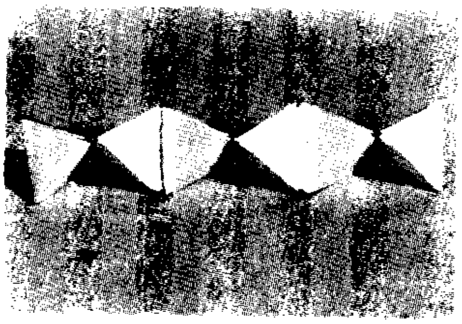


图4－6－5（c）
四面体单链TUα（TUδ）xTUα

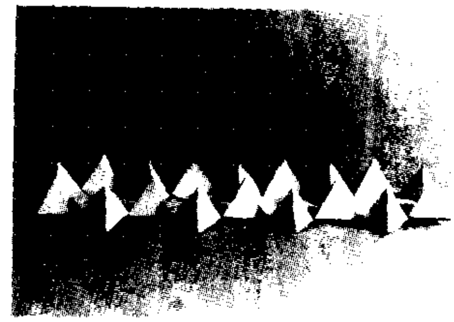


图4－6－8(c)
用 TUβ、TUγ和TUγ′
连成的四面体二节双链模型

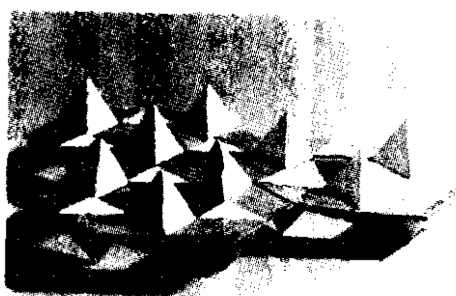


图4－7－4
四面体顶端交替分布于两侧
的单层模型

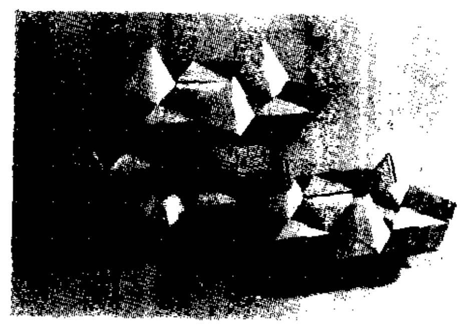


图4－8－2（b）
理想β－方石英架的模型

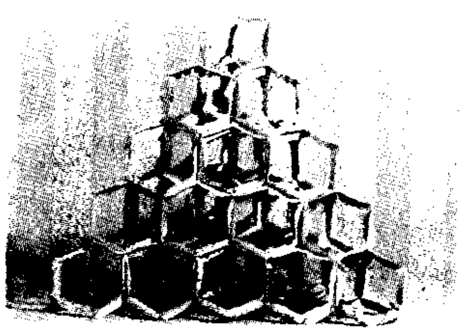


图4－8－6
金刚石模型

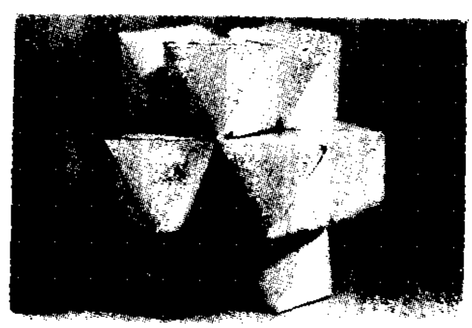


图5－5－3(d)
$M^{x+}Mo_{12}O_{38}^{(4-x)-}$的模型

图5－6－7(b)

用OUγ'粘接成的共面八面体链模型

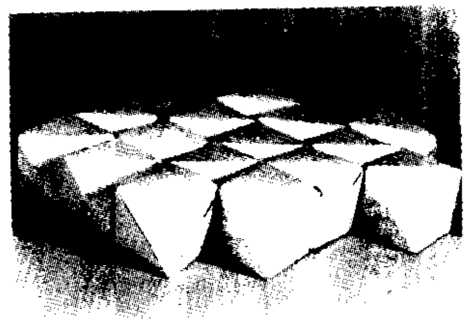


图5－7－10

用OUα和OUβ连接成的［$MA_{6/3}$］∞ L八面体层

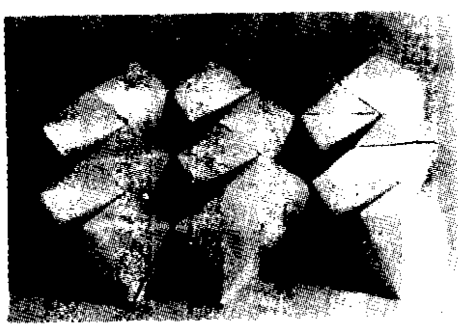


图5－7－11

用OUα和OUβ连接成的［$MA_{6/2}$］∞ L八面体层

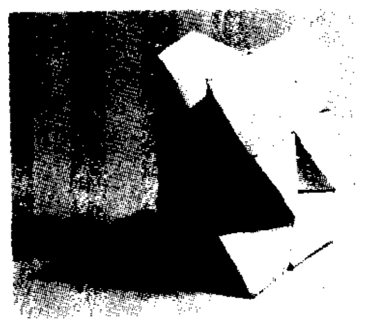


图5－8－2（b）

六方密堆积的多面体模型

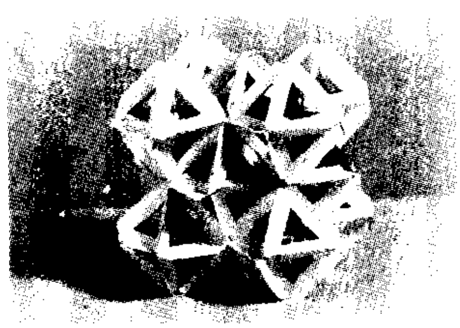


图5－8－4（b）

立方面心密堆积的多面体多面体模型

图6－6－5

元素周期大厦

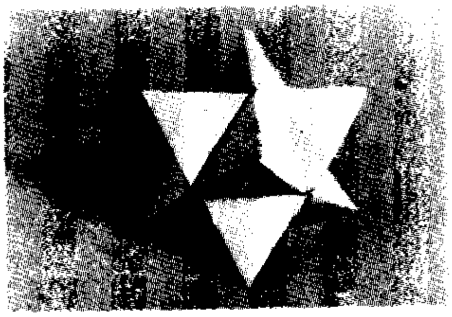


图7－1－2（d）
$M_6X_8^{4+}$的模型

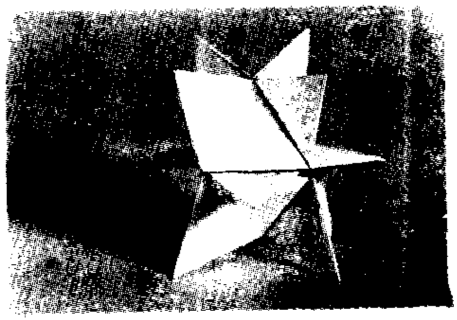


图7－1－3（g）
纸带制作的 $Mo_6X_{12}^{n+}$模型

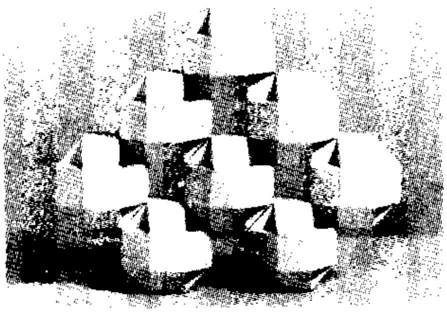


图7－2－3
$[Ag^{I}Ag_2^{III}O_4]_n$骨架的模型

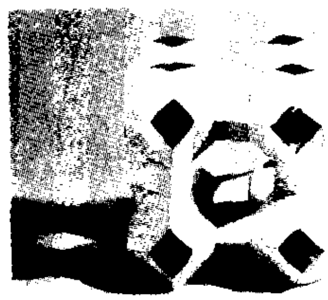


图7－3－6（d）
A型的分子筛模型

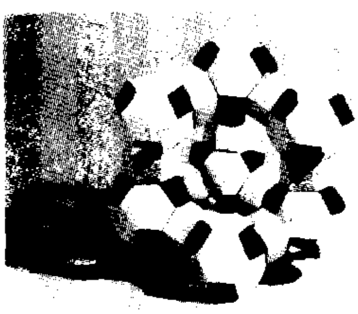


图7－3－10
X型和Y型分子筛模型

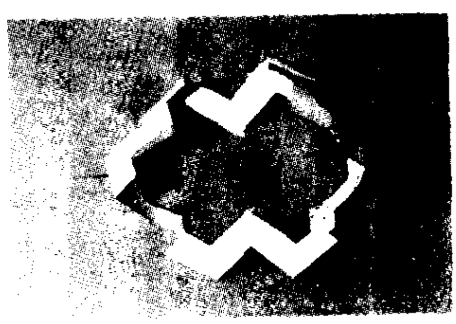


图7－4－2（c）
18－冠－6的模型

前　言

1985年6月，在东京茶水女子大学，我会见了细矢治夫教授。在他的办公室里陈列着一些纸制的化学模型，这些精美的模型引起了我的兴趣。临别时承蒙细矢治夫教授赠以新著《化学をつかむ》，书中有一些用信封制作分子模型的方法。此书后来由李象远译出初稿，经过仔细研究后我们发现，借鉴于中国民间缠粽子的方法，可以用纸带缠绕成各种多面体模型，而且复杂的分子模型还可用若干部件来组装。我们将这种方法称为“纸带折绕法”。由于纸带折绕法具有特殊的优点，所以我们曾著文加以介绍，并产生了撰写本书的念头。

本书中，我们所使用的化学模型制作方法主要有三种，即纸带折绕法、信封折纸法和纸片折叠法。本书以纸带折绕法为主，介绍各种折纸化学模型的制作技术，同时也介绍一些结构化学知识。书中用纸带折绕法制作分子模型的方法和技巧，均为作者所创。此外，在用其它方法制作某些化学模型时，我们亦有所创新。

全书共七章，就几何模型而言，前三章所涉及的是正多面体、三角多面体和其它多面体；第四章、第五章和第六章涉及的是四面体的组合、八面体的组合和四方形及立方体的组合。最后一章介绍了一些杂例，其中包括分子筛模型和一些环状分子模型。书中穿插了一些与几何模型有关的内容，这些内容虽与化学没有直接的关系，但却不乏启迪作用，或者饶有兴味，可以提高学习的兴趣。我们希望本书既有知识性和教学性，又有趣味性。

折纸本是非常通俗的技术，谁在童稚之年未玩过折纸呢？但折纸能登化学教学大雅之堂，这恐怕是许多人所未曾意料到的。本书所介绍的折纸化学模型，多数都富于美感，且制作起来不需花费分文；过期挂历、牛皮纸信封等都是制作化学模型的上等材料。寓教于乐，可收一举两得之效。

我要感谢细矢治夫教授，因为阅读了他的著作，我们才产生了写作本书的兴趣。我们也要感谢成都科技大学教务处对本书的写作所给予的支持。

限于作者的水平，书中不当之处在所难免，希望读者不吝指正。

何福城

1990年11月于成都科技大学

目　　录

第一章　多面体（Ⅰ）

多面体的形式不胜枚举，但正多面体却只有五种。这五种正多面体具有很多有趣的性质，它们在几何学、结晶学和化学中都有重要意义。

§1－1　多面体和Euler公式

1．Euler公式

多面体是由若干个平面所围成的立体，这些平面称为多面体的“面”。两个平面在多面体表面上相交的直线，称为多面体的“边”或“棱”。三个或更多的平面在多面体表面上会于一点时，此点即为多面体的“顶点”。

例如，三棱柱有6个顶点、9个边和5个面（图1-1-1(a)）；立方体有8个顶点、12个边和6个面（图1－1－1(b)）；五角锥有6个顶点、10个边和6个面（图1－1－1　(c)）。

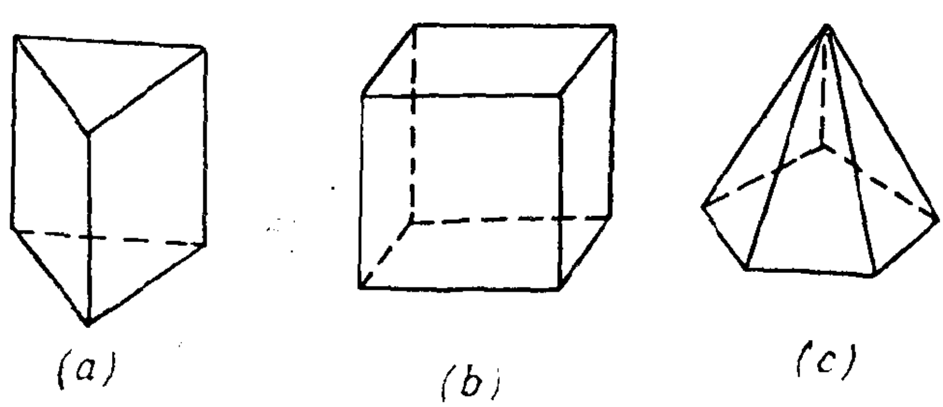


图1－1－1　三种多面体

(a) 三棱柱　$a_0=6$，$a_1=9$，$a_2=5$

(b) 立方体　$a_0=8$，$a_1=12$，$a_2=6$

(c) 五角锥　$a_0=6$，$a_1=10$，$a_2=6$

设多面体的顶点数为a_0，边数为a_1，面数为a_2，可以证明a_0、a_1和a_2之间存在着以下的关系式，即

$$a_0+a_2=a_1+2 \qquad (1-1-1)$$

这就是著名的Euler公式。不难验证，上述的三棱柱、立方体和五角锥的a_0、a_1和a_2都满足Euler公式。

Euler 公式具有一种简洁之美，它的证明也很有趣[1]。设想多面体由极富弹性的橡皮膜做成，在多面体的一个面上戳一个洞，然后用指头插进去将整个多面体的表面拉到纸平面上摊开。例如在图1－1－2所示的四面体$ABCD$中，将底面BCD戳一个洞，拉伸并摊在纸平面内，就会得到图1－1－2（b）所示的膜，膜的外边缘是由洞口变成的，外边缘和$BCDB$之间的地

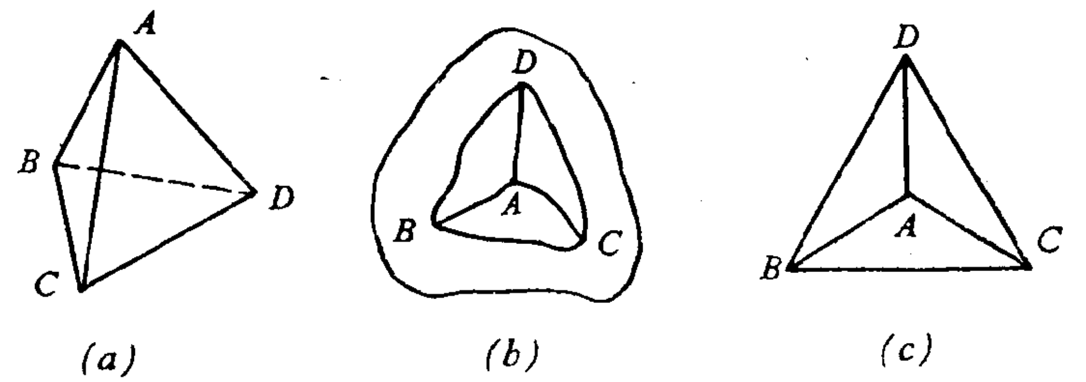


图1－1－2　四面体及其平面图

带是底面BCD穿孔后变成的。若将外边缘内的BCD调整成三角形并固定下来，然后将膜的外边缘扩展到很远的地方，这样，我们所看到的就只是$\triangle BCD$，它被划分为三个三角形，即$\triangle ABC$、$\triangle ACD$和$\triangle ADB$（图1－1－2（c））。这一图形保存了四面体$ABCD$的顶点、边和面的相互关系，但将四面体的底面BCD变成三角BCD的外部。

我们可以暂不考虑$\triangle BCD$的外部，而只考虑由顶点A、B、C、

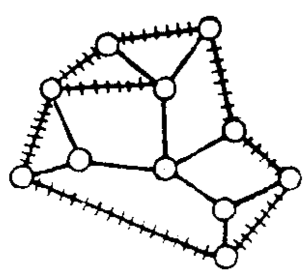
D所连成的平面图，这个图称为四面体的"平面图"。对于其它的多面体，也可用相似的办法画出相应的平面图。

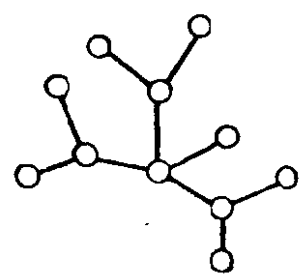
可以看出，这类图的顶点和边都在同一平面内，并且任意两条边除端点外无公共点。此外，图中任意两个顶点都能沿某些边所组成的路径而相互连通，因此，这类图形是一种连通的平面图，我们称它为图G。平面被图G的边分成的区域也称为"面"，即$\triangle ABC$、$\triangle ACD$、$\triangle ADB$和$\triangle BCD$的外部区域均各称为一个面。

读者可以试一下其它多面体，看能得到什么样的平面图。

因为多面体的平面图完全保存了多面体的各个顶点、边和面的相互关系，所以只要对一个连通的平面图来证明 Euler 公式就足够了。

如图1－1－3 (a) 所示，在连通的平面图中，将围成某个面的一条边拆除，则面的数目减少一个，但顶点并未减少，而





(a)　　(b)

图1－1－3　连通的平面图 (a) 和树 (b)

且各个顶点仍然连通。这种拆边的操作可以一直进行下去，直至拆除k条边而得到一个没有回路的图，我们称它为"树"（图1－1－3 (b)）。一般地，如果树有a_0个顶点，则必有a_0-1条边，于是原来的平面图有a_0-1+k条边，即边的数目 (a_1) 满足下式：

$$a_0-1+k=a_1 \qquad (1-1-2)$$

因为连通的平面图的外部区域也是一个面，所以原来的图有$k+1$个面，即$k+1=a_2$。将（1-1-2）式中的k换为a_2-1即得（1-1-1）式。这样，我们就证明了Euler公式。

2. 正多面体

若多面体的各个顶点、各个边和面都是等同的，则称这类多面体为“正多面体”。正多面体只有五种，即正四面体、立方体、正八面体、正十二面体和正二十面体。现在我们利用Euler公式来证明这一结论。

设正多面体的每个顶点有p个边会聚，每个面由q个边所围成。因为每个边都联系着两个顶点和两个面，所以顶点数a_0的p倍等于边数a_1的2倍。同样，面数a_2的q倍也等于边数a_1的2倍。即有

$$a_0=\frac{2a_1}{p}, \qquad a_2=\frac{2a_1}{q} \tag{1-1-3}$$

将（1-1-3）式代入（1-1-1）式，得

$$\frac{2a_1}{p}+\frac{2a_1}{q}=a_1+2$$

用$2a_1$除上式两端，则得

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{2}+\frac{1}{a_1} \tag{1-1-4}$$

因为p和q应满足$p\geqslant 3$，$q\geqslant 3$，而且

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q}>\frac{1}{2} \tag{1-1-5}$$

当q取最小数3时，p等于6就会破坏（1-1-5）式，所以p的数值不能超过5，即$p\leqslant 5$。同样，当p取最小数3时，q等于6则使（1-1-5）式受到破坏，所以$q\leqslant 5$。

在$3\leqslant p\leqslant 5$和$3\leqslant q\leqslant 5$的范围内，找出正整数p和q，代入（1-1-4）式求出a_1，再由（1-1-3）式求出a_0和a_2，

但a_1、a_0和a_2都必须是正整数。这样的解只有5种，对应于前述的5种正多面体（表1－1－1）。

表1－1－1　5种正多面体

编号	p	q	a_0	a_1	a_2	名称
Ⅰ	3	3	4	6	4	正四面体
Ⅱ	3	4	8	12	6	立方体
Ⅲ	4	3	6	12	8	正八面体
Ⅳ	3	5	20	30	12	正十二面体
Ⅴ	5	3	12	30	20	正二十面体

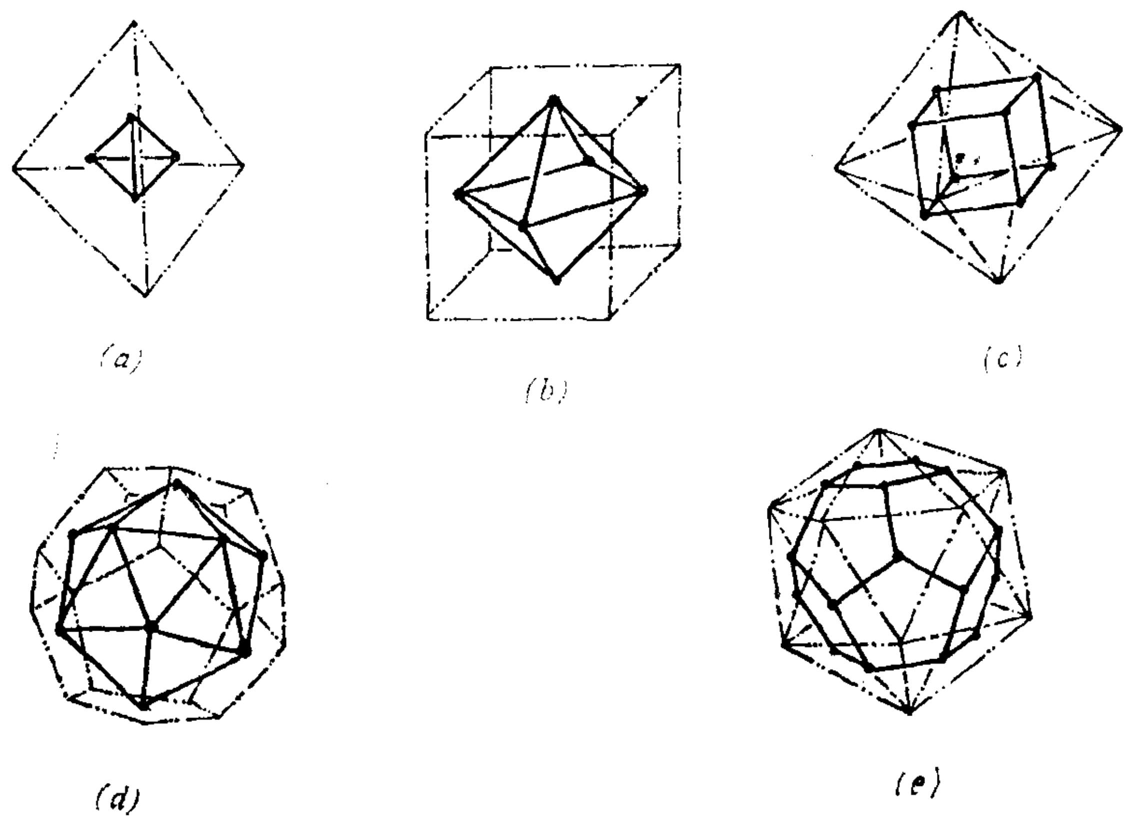


图1－1－4　5种正多面体及其对偶关系

（a）正四面体；（b）、（c）立方体和正八面体；（d）、（e）正十二面体和正二十面体